ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 NOVEMBRE 1947.

PRÉSIDENCE DE M. Louis BLARINGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Harold C. Urey**, Professeur à l'Université de Chicago, Lauréat du Prix Nobel, **John Desmond Bernal**, Membre de la Société Royale de Londres, Président de l'Association des travailleurs scientifiques britanniques, **Meghnad Saha**, Recteur de l'Université de Calcutta, **Jim G. Crowther**, Secrétaire général de la Fédération mondiale des travailleurs scientifiques, qui assistent à la séance.

HISTOIRE DES SCIENCES. — *Sur la découverte de l'oxygène par Lavoisier*. Note M. **Gabriel Bertrand**.

Un membre de la Société royale de Londres, Sir Harold Hartley, a consacré récemment à la mémoire de Lavoisier une Notice importante qui vient d'être publiée dans les *Proceedings of the Royal Society* (¹) et dont plusieurs exemplaires ont été aimablement adressés à certains d'entre nous.

J'ai lu cette Notice avec un grand intérêt et je suis heureux de féliciter et de remercier ici son auteur, mais je crois devoir attirer l'attention de ceux qui s'intéressent à l'œuvre de Lavoisier et à l'Histoire de la Chimie sur la non-concordance qui existe, au sujet de la découverte de l'oxygène, entre l'opinion émise par Sir H. Hartley et celle à laquelle j'ai dû me ranger à la suite d'une étude critique que j'ai entreprise à l'occasion du bicentenaire de la naissance de l'illustre chimiste.

Sir Harold Hartley s'exprime ainsi dans la partie de sa Notice portant comme sous-titre *Priestley et l'Oxygène* : Le livre de notes de Lavoisier montre qu'en 1774 son esprit était absorbé par une série étendue de problèmes de grande importance mais trop complexes pour être résolus avec les connaissances de l'époque. Il était de plus intrigué par la relation entre l'air fixé et l'air absorbé pendant la calcination et avait essayé de trouver une chaux qui puisse être réduite et redonner cet air en l'absence du charbon. Il semble évident que Priestley le mit sur la voie à suivre lorsqu'il vint à Paris en 1774. Le 1er octobre, il révéla à Lavoisier que, par chauffage de la chaux de

---

(¹) *Proc. Roy. Soc.*, A, 189, 1947, pp. 425-456.

mercure, il avait obtenu un gaz dans lequel une chandelle brûlait d'une manière particulièrement brillante. Ce fut seulement le 1er mars suivant que Priestley reconnut les propriétés remarquables de ce gaz et découvrit ainsi l'oxygène. Lavoisier obtint un peu de chaux de mercure de Cadet et après quelques expériences préliminaires en novembre, trois mois s'écoulèrent jusqu'à ce qu'il les eût complétées dans le travail de trois jours avec Trudaine, à Montigny. Il décrivit les résultats à la séance publique de l'Académie (des Sciences) en avril 1775, dans une Note sur *La nature du principe qui se combine avec les métaux durant leur calcination et augmente leur poids.*

Dans la préface du Catalogue de l'Exposition du bicentenaire de la naissance de Lavoisier, réalisée à Paris en 1943 au Palais de la Découverte (2), je me suis borné à mentionner, à l'adresse du grand public, que la découverte de l'oxygène avait été faite par Lavoisier, mais dans l'allocution que j'ai prononcée, le 11 juin de la même année, devant les membres de la Société chimique de France, sur *Lavoisier et la Chimie* (3), j'ai expliqué avec quelque détail comment Lavoisier était parvenu à découvrir l'oxygène contenu dans l'air.

En outre, dans le discours que j'ai prononcé comme Président à la Séance annuelle des Prix de l'Académie des Sciences, en décembre 1943, j'ai apporté la preuve, en m'appuyant sur les textes mêmes de Lavoisier et de Priestley, que lorsque le célèbre chimiste britannique rendit visite à son collège français, il ne lui communiqua pas avoir obtenu un gaz nouveau par chauffage du précipité *per se*, ce qui a été suggéré assez perfidement par certains commentateurs, mais qu'il ne pouvait même pas lui avoir parlé d'un gaz nouveau puisqu'il croyait avoir affaire à de l' *air nitreux phlogistiqué*, gaz qu'il avait découvert antérieurement par l'action d'un mélange humide de soufre et de fer sur ce que nous appelons aujourd'hui bioxyde d'azote et qu'il appelait alors *air nitreux*.

Dans mon allocution à la Société chimique de France et dans mon discours à l'Académie des Sciences, j'ai essayé de rendre à chacun des chimistes qui ont coutribué à la découverte de l'oxygène la part qui leur revient. C'est ainsi que je suis arrivé à formuler l'opinion suivante : tout d'abord Priestley n'a pu faire part à Lavoisier, lors de son passage à Paris, de la découverte d'un gaz considéré par lui comme nouveau, mais d'un étrange mode de production de ce qu'il croyait être du *gaz nitreux phlogistiqué*; ensuite Lavoisier, Priestley et Scheele ont obtenu et identifié, chacun à sa manière et selon son génie propre, un même gaz, dénommé plus tard oxygène, mais, textes et dates sous les yeux, Lavoisier a fait connaître sa découverte avant que Priestley ait publié la sienne.

Si le résultat de mon étude critique avait démontré que Priestley était le premier à avoir reconnu et dévoilé l'oxygène comme gaz nouveau, je n'aurais

(2) *Le Palais de la Découverte. Deuxième centenaire de Lavoisier.* Publié par l'Université de Paris, novembre 1943, 56 pages et 18 planches illustrées.

(3) *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **11**, 1944, hors-texte pp. 2-6.

eu qu'à me ranger à cette opinion définitive. Il serait encore resté une belle part à l'actif de Lavoisier : l'éclatante série de conséquences qu'il a su tirer de cette découverte.

Le discours prononcé par le Président de l'Académie à la séance annuelle des prix ne porte ordinairement pas d'autre titre que celui de *Discours de M. le Président de l'Académie*, il est donc très probable que la partie consacrée à la découverte de l'oxygène dans celui de 1943 a échappé à la connaissance de Sir Harold Hartley, comme à celle de beaucoup d'autres chercheurs. C'est pour parer à cet inconvénient que je publie les lignes ci-dessus avec un titre que l'on pourra désormais trouver dans une recherche bibliographique.

BOTANIQUE APPLIQUÉE. — *Essai de coordination de nos connaissances actuelles sur les Caféiers et les espèces du genre* Coffea. Note de M. **Auguste Chevalier**.

Le *Coffea arabica* L., décrit par Antoine de Jussieu en 1713 dans les *Mémoires de l'Académie royale des Sciences*, a été pendant longtemps la seule espèce de Caféier connue et cultivée. L'exploration de l'Afrique tropicale au XIXe siècle et au début du XXe devait amener la découverte de nombreuses autres espèces. Depuis bientôt cinquante ans j'ai pris moi-même part à ces recherches. J'ai observé dans l'Ouest africain, au Congo et dans l'Oubangui-Chari de nombreuses espèces de Caféiers sauvages dont diverses formes appartenant à la section *Eucoffea* peuvent donner des cafés de choix à la condition d'être sélectionnés et cultivés dans des conditions édaphiques leur convenant. Depuis vingt années je me suis appliqué à rassembler, dans un travail de synthèse, l'ensemble de nos connaissances sur ces plantes précieuses, dans un ouvrage *Les Caféiers du globe*, en trois volumes, dont le dernier vient de paraître (1).

En outre, j'ai publié en 1944, aux Presses Universitaires, un petit livre, *Le Café*, faisant le point sur ce que l'on sait actuellement sur ce produit précieux. L'Ouvrage qui vient de paraître montre la complexité des problèmes relatifs aux Caféiers. Il nous a fallu grouper la cinquantaine d'espèces connues par section. La section *Eucoffea*, la seule qui renferme des espèces contenant de la caféine, est spéciale à l'Afrique tropicale ; une autre section, celle des *Mascarocoffea*, spéciale à Madagascar et aux îles Mascareignes, comprend une vingtaine d'espèces dont les graines peuvent donner aussi du café, mais ne renferment pas de caféine, enfin les sections *Paracoffea* Miq. et *Argocoffea* Pierre sont des arbustes ou des lianes qui, tout en ayant des fleurs ressemblant à des Caféiers et pouvant être maintenus dans le genre *Coffea*, ont cependant des fruits très

(1) Les *Caféiers du Globe* : I. *Généralités sur les Caféiers*, 1929 ; II. *Iconographie des Caféiers*, 1944 ; III. *Systématique des Caféiers et Faux Caféiers. Maladies et insectes nuisibles*, 1947, Paris.

différents, sans caféine et inutilisables. J'ai éliminé du genre *Coffea* un assez grand nombre d'espèces qui y avaient été incluses à tort. Elles passent dans les genres *Lachnastoma* Korth., *Belanophora* Hook f., *Tricalysia* Rich., etc., dont nous avons fait la tribu des *Protocofféinées*. Dans les *Coffèastrées* qui renferment les vrais Caféiers, nous avons maintenu les genres *Psilanthus* Hook f. (1873) et *Psilanthopsis* (Chev.) (1939) dont les graines renferment de la caféine et sont très proches des *Coffea* ; elles sont utilisables. Enfin de nombreux faux caféiers sont aussi passés en revue. Nous avons consacré des chapitres étendus à la systématique de toutes ces plantes, à leur écologie, à leur distribution géographique, aux hybrides, etc.

Un chapitre, particulièrement original, est celui relatif à l'anatomie comparée du genre *Coffea* et de quelques *Rubiacées-Ixorées*, étude due à notre regretté ami le Dr L. Beille. Enfin le chapitre III, Génétique et variations dans les Caféiers, s'appuie surtout sur les travaux de P.-J.-S. Cramer, C. A. Krug, Mendès, Carvalho, J. Lebrun, etc.

La troisième partie, *Ennemis et Maladies des Caféiers*, est consacrée à la Phytopathologie des *Coffea*. Ainsi que nous l'avons montré, toutes les espèces, tant qu'elles vivent à l'état spontané dans les savanes et les brousses africaines, sont indemnes de maladies, mais dès qu'on les met en culture, elles subissent des attaques nombreuses d'insectes et de champignons.

Nous avons appelé aussi l'attention sur les désastres au point de vue de la stérilisation des terres qu'entraîne la culture du Caféier si elle est faite d'une manière irrationnelle. Le Caféier finit par s'éliminer lui-même des terrains où on le cultive. Il y a non seulement épuisement et lessivage superficiel des sols et latéritisation en profondeur, mais aussi empoisonnement probable des terres dû à des toxines sécrétées par des racines. Le Caféier, surtout l'espèce *Coffea arabica*, dépérit et devient très susceptible aux maladies. Sa culture a ainsi disparu de Ceylan et de Java aux basses altitudes. Au Brésil, des centaines de milliers d'hectares plantés en Caféiers, il y a 50 ou 60 ans, ont été stérilisés et il a fallu par la suite défricher de nouvelles forêts vierges. Tout récemment, dans l'Oubangui, des milliers d'hectares plantés en *Coffea excelsa* ont succombé brusquement par suite des attaques d'un *Fusarium*. Il faut incriminer sans doute les mauvaises conditions de culture qui entraînent l'épuisement du sol.

Le meilleur moyen de lutte dans l'avenir est de continuer à améliorer les Caféiers cultivés en partant de formes sauvages, en cherchant à obtenir des races et clones résistants et fournissant du café de qualité. En outre, il faudra pratiquer la culture suivant des techniques rationnelles et sur des sols appropriés, en créant par l'ombrage des microclimats favorables. Il reste de nombreuses recherches à poursuivre dans cette voie et nous avons la conviction que dans les divers territoires de la France d'Outre-Mer, on pourra obtenir tout le café nécessaire à notre pays, à condition que les techniques soient considérablement améliorées, si l'on veut bien s'occuper de la sélection des espèces autres

que le *Coffea arabica*. Celui-ci ne peut être cultivé avec avantage que sur les montagnes, mais d'autres espèces peuvent être cultivées aux basses altitudes des régions équatoriales et tropicales et elles peuvent donner aussi des cafés de qualité si l'on en améliore la culture par la sélection des variétés et l'aménagement rationnel des sols appropriés à cette culture.

THÉORIE DES DIMENSIONS. — *Commentaires sur la similitude mécanique et l'analyse dimensionnelle*. Note de M. **Dimitri Riabouchinsky**.

1 Lord Rayleigh, en parlant des applications du principe de similitude, a mentionné [1] qu'il avait été souvent impressionné par le médiocre intérêt que les physiciens, poursuivant des recherches originales, témoignaient à ce grand principe. Il leur arrive non rarement, ajoute-t-il, de présenter sous la forme de *lois* les résultats de recherches expérimentales élaborées, tandis que quelques minutes de réflexion auraient suffi pour les prédire à priori. Il en voit la raison, d'une part dans le fait que l'application de ce principe à des cas particuliers n'intéresse guère les mathématiciens et, d'autre part, dans les notations défectueuses, tendant à l'obscurcir. Il ne compare cependant nulle part la méthode, qu'il avait appliquée avec succès à un grand nombre de cas particuliers et qui rentre dans le cadre de l'*analyse dimensionnelle* moderne, à celle qui figurait alors dans les recueils sous le titre de *Similitude mécanique*. J'ai essayé précédemment [2] de combler cette lacune et me propose actuellement d'ajouter quelques commentaires à ce que j'avais déjà dit.

2. *L'axiome d'homogénéité*. — La similitude mécanique et l'analyse dimensionnelle ont comme base commune l'axiome d'homogénéité des formules définissant quantitativement les lois de la Nature. Ces lois et formules ne sauraient être modifiées du fait seul qu'on emploierait, pour effectuer les mesures, des unités de longueur, de masse et de temps respectivement λ, μ et τ fois plus petites ou plus grandes. Dans le cas de ces trois unités fondamentales, la définition analytique de cet axiome est

$$f(\lambda^{p'_a}\mu^{q'_a}\tau^{r'_a}a,\ \lambda^{p'_b}\mu^{q'_b}\tau^{r'_b}b,\ \ldots,\ \lambda^{p'_n}\mu^{q'_n}\tau^{r'_n}n) = \lambda^{\xi'}\mu^{\eta'}\tau^{\zeta'}f(a,\ b,\ \ldots,\ n) = 0, \tag{1}$$

où les dimensions des grandeurs $a, b, \ldots, n$ sont respectivement $L^{p'_a}M^{q'_a}T^{r'_a}$, $L^{p'_b}M^{q'_b}T^{r'_b}$, ..., $L^{p'_n}M^{q'_n}T^{r'_n}$ et celle de la fonction est $L^{\xi'}M^{\eta'}T^{\zeta'}$. On démontre cette formule en appliquant consécutivement à chacune des trois unités indépendantes L, M, T, la formule classique de la théorie des fonctions homogènes de degré n

$$f(\lambda x,\ \lambda y,\ \ldots) = \lambda^n f(x,\ y,\ \ldots).$$

(1) *Nature*, London, 6, Cambridge, 95, 1915, p. 66.

(2) *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 200.

3. *Similitude mécanique.* — Les deux fonctions figurant dans (1), égalées à zéro, peuvent être interprétées comme précisant les conditions devant être satisfaites pour qu'on puisse, en étudiant le modèle d'une machine, juger du fonctionnement de cette machine en grandeur naturelle. Notons aussi qu'on admet dans cette théorie que λ, μ, τ sont des constantes arbitraires positives.

4. *Analyse dimensionnelle.* — Développons la fonction

$$f(a, b, \ldots, k, l, m, n) = 0,$$

figurant dans l'équation (1), en série de Maclaurin, *sans oublier* qu'on connaît *a priori*, en raison de l'axiome d'homogénéité, que tous les termes de ce développement doivent avoir une même dimension $\mathcal{D} = L^{\xi'} M^{\eta'} T^{\zeta'}$. Il résulte de cette condition préalable, que toutes les dérivées $\partial^{\omega} f / \partial a^{\omega_1} \partial b^{\omega_2} \ldots \partial n^{\omega_n}$ s'annulent lorsqu'on donne à $a, b, \ldots, n$ la valeur zéro à l'exception de celles qui, correspondant aux termes de dimension $\mathcal{D}$, se réduisent à des constantes. Il faut donc admettre que si la fonction f est développable en série de Maclaurin, elle doit être de la forme

$$(2) \qquad f(a, b, \ldots, k, l, m, n) = \Sigma c_i a^{\alpha_i} b^{\beta_i} \ldots k^{\varkappa_i} l^{\lambda_i} m^{\mu_i} n^{\nu_i} = 0,$$

les constantes c_i étant des nombres purs. Si, par exemple, la fonction f ne comprend que deux grandeurs a et b de même dimension, il vient, en raison du *théorème d'Euler des fonctions homogènes*,

$$(a, b) = c_0 a^n + c_1 a^{n-1} b + c_2 a^{n-2} b^2 + \ldots; \qquad c_i = \frac{n(n-1)\ldots(n-i+1)}{n!\, i!} \frac{\partial^i f}{\partial a^{n-1} \partial b^i}.$$

On pourrait donc dire, en précisant la valeur des coefficients c_i dans le développement (2) que, dans le cas des 3 unités fondamentales, ce développement est une extension du théorème d'Euler aux fonctions triplement homogènes.

En effectuant quelques transformations, que j'ai appliquées antérieurement (³), on ramène l'équation (2) à la forme

$$(3) \quad \left(\frac{l}{l_0}\right)^{\xi} \left(\frac{m}{m_0}\right)^{\eta} \left(\frac{n}{n_0}\right)^{\zeta} f\left[\left(\frac{l_0}{l}\right)^{p_a} \left(\frac{m_0}{m}\right)^{q_a} \left(\frac{n_0}{n}\right)^{r_a} a, \left(\frac{l_0}{l}\right)^{p_b} \left(\frac{m_0}{m}\right)^{q_b} \left(\frac{n_0}{n}\right)^{r_b} b, \ldots, \left(\frac{l_0}{l}\right)^{p_k} \left(\frac{m_0}{m}\right)^{q_k} \left(\frac{n_0}{n}\right)^{r_k} k, l_0, m_0, n_0\right] = 0.$$

On peut aussi omettre dans (3) les constantes et le multiplicateur commun, mais la fonction φ qu'on obtient ainsi

$$(4) \qquad \varphi(l^{-p_a} m^{-q_a} n^{-r_a} a, l^{-p_b} m^{-q_b} n^{-r_b} b, \ldots, l^{-p_k} m^{-q_k} n^{-r_k} k) = 0,$$

ne correspond plus à la fonction f et dépend du choix des constantes omises.

(³) *L'Aérophile*, Paris, 1er sept. 1911; *Bull. de l'Inst. Aérodynamique de Koutchino*, IV, Moscou 1912, pp. 49-55; *Bull. Techn. du Serv. Techn. Aéronautique*, 17, Paris, 1924, pp. 83-93.

Le théorème (3) est plus général que le théorème (4) et présente de plus grands avantages au point de vue des applications.

5. *Comparaison de la formule fondamentale de la similitude mécanique à celle de l'analyse dimensionnelle.* — En comparant l'équation (1) à l'équation (3), on constate qu'on peut passer de l'une à l'autre en exprimant les dimensions de toutes les grandeurs dans (1) en l, m, n au lieu de les exprimer explicitement en M, L, T, en posant $\lambda = l_0/l$, $\mu = m_0/m$, $\tau = n_0/n$ et en modifiant en conséquence les exposants figurant dans (1). C'est cette transformation qui détermine la plus grande puissance, en tant qu'instrument de recherche, de l'analyse dimensionnelle, comparativement à celle de la similitude mécanique.

Cette transformation, maintenant qu'elle est connue, permet de démontrer les formules (3) et (4) sans passer par le développement restrictif (2), ce dernier conservant cependant le privilège d'avoir permis d'obtenir *une première démonstration exacte* de la formule (4) et la formule générale (3) établissant le rapport entre la similitude mécanique et l'analyse dimensionnelle [4].

5. Je mentionnerai en dernier lieu la question : quel est le nombre minimum des unités fondamentales absolument indispensables? Si l'on pouvait ramener l'explication de tous les phénomènes à la mécanique newtonienne, la réponse serait *trois*. Mais, même en l'absence de cette possibilité, l'hypothèse de trois unités fondamentales trouve des défenseurs. Pour placer la discussion de ce problème, d'un grand intérêt philosophique, sur le terrain ferme d'un fait concret, j'ai attiré [5] l'attention sur la circonstance qu'un problème résolu par Lord Rayleigh [6], en considérant la température comme quatrième unité fondamentale, comporte une solution différente si l'on définit la température comme énergie cinétique moyenne des molécules. Dans sa réponse, Lord Rayleigh [7] mentionne que la question que j'avais soulevée méritait d'être discutée d'une façon approfondie. Il prit lui-même part à cette discussion, ainsi que Sir Joseph Larmor, E. Buckingham, P. W. Bridgman, Mme T. Ehrenfest-Afanassieva, Norman Campbell, A. W. Porter, Robert Esnault-Pelterie. Le problème étant ardu, cette discussion ne semble pas devoir être définitivement close bientôt.

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Sur le magnétisme des corps célestes.* Note [1] de M. ALEXANDRE DAUVILLIER.

Dans un travail d'un haut intérêt, P. M. S. Blackett [2] a récemment souligné, après Shuster, Décombe, H. A. Wilson et d'autres auteurs,

---

[4] L'appréciation de cette démonstration, formulée par M. R. Esnault-Pelterie (*Comptes rendus*, **225**, 1947, pp. 709-712), diffère de celle qui est motivée ici.

[5], [6], [7], *Nature*, London, XCV, 1915, pp. 591, 67, 644.

[1] Séance du 3 novembre 1947.

[2] *Nature*, **159**, 1947, pp. 658-666.

que le rapport du moment magnétique P au moment de rotation U était, pour la Terre, le Soleil et l'étoile 78 Virginis, sensiblement constant et égal au quotient de la racine carrée de la constante de la gravitation G par la vitesse c de la lumière :

$$\frac{P}{U} = \beta \frac{G^{\frac{1}{2}}}{c} \sim 10^{-15} \text{ C. G. S.}, \tag{1}$$

β étant une constante voisine de l'unité.

Bien que ce résultat troublant soit purement empirique et dénué, quant à présent, d'interprétation théorique certaine, il est censé recéler une profonde signification physique en indiquant une relation depuis longtemps soupçonnée, entre l'électromagnétisme et la gravitation. L. Décombe ([3]), en 1922, J. Mariani ([4]), en 1938, en ont tenté une interprétation théorique.

Il convient, cependant, de remarquer que cette proportionnalité n'est étendue à 78 Virginis, dont le champ magnétique est connu depuis peu grâce aux belles mesures de H. W. Babcock, qu'avec peu de certitude, le moment angulaire de cette étoile étant estimé statistiquement et le sens de la rotation étant inconnu. Il est à noter que, dans cette classe stellaire, la vitesse périphérique peut varier de 25 à 250 km/s. Le moment U est calculé, pour la Terre et le Soleil, en admettant que ces corps sont homogènes, ce qui est loin d'être le cas, et la rotation différentielle du Soleil complique encore cette constante d'une manière inconnue.

Le champ de Hale étant, lui-même, fort incertain, le moment magnétique du Soleil est calculé d'après les récentes mesures de Thiessen (53 ± 12 gauss) et la relation ne serait plus satisfaite si l'on admettait la valeur trouvée par H. Deslandres en 1911 dans la région des protubérances hautes (10^{-7} gauss). Ce champ est, d'ailleurs, de sens opposé à celui de la Terre.

Cette relation pose, d'une manière générale, le grave problème de l'origine du magnétisme des corps célestes. Après maints autres savants, P. M. S. Blackett opine pour une théorie unitaire attribuant le magnétisme à la seule rotation d'une masse matérielle électriquement neutre, bien que ce processus soit contraire à l'électromagnétisme classique et échappe à toute vérification expérimentale. Nous pensons, quant à nous, après Kr. Birkeland, A. Nippoldt et d'autres, que le magnétisme stellaire et le magnétisme planétaire ne sont pas de même nature et que le second est sous l'exclusive dépendance du premier ([5]). Le rapport P/U ne serait constant que pour les étoiles, si leur magnétisme résulte de leur rotation, selon quelque processus électromagnétique. Nous croyons que le magnétisme planétaire est dû au ferromagnétisme de la

---

([3]) *Comptes rendus*, **175**, 1922, p. 872.
([4]) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1247.
([5]) *Comptes rendus*, **210**, 1940, p. 177.

pellicule superficielle des lithosphères des planètes denses et que les grosses planètes, contrairement à l'opinion de P. M. S. Blackett, sont dépourvues de magnétisme. La position de l'axe géomagnétique, la variation séculaire et les variations périodiques associées à l'activité solaire, plaident en faveur de cette idée.

Si l'hypothèse gyromagnétique est exacte, un ferromagnétisme lunaire ne saurait vérifier l'équation (1). Cependant, ayant sur ces bases calculé autrefois le moment magnétique de la Lune, par analogie avec le magnétisme terrestre, nous avons recherché à quel rapport P/U conduisait ce calcul. La Lune est, peut-être, le seul corps céleste dont le moment de rotation soit bien connu, grâce à son homogénéité. On a, avec des notations évidentes :

$$U = \frac{2}{3}\omega MR^2 = 2,3.10^{35}\,\text{C. G. S.} \tag{2}$$

La Lune, ayant subi la même évolution chimique que notre lithosphère, doit posséder, dans les épanchements basaltiques inondant ses mers, une teneur en magnétite (11 %) comparable à celle existant dans les laves et les socles océaniques terrestres. Nous avons trouvé [6] que le point de Curie de ce minéral était atteint, sur la Lune, à la très faible profondeur de 6^{km} seulement, ce qui conduit, en admettant une aimantation moyenne de $7,8\ \text{gauss/cm}^3$, à un moment P égal à 17.10^{23} C.G.S. Il en résulterait, pour notre satellite, un rapport P/U voisin de 10^{-12}, mille fois plus grand que ne l'indique l'équation (1), quoique le moment P, ainsi calculé, semble bien être une limite *inférieure*.

La détection d'un moment magnétique possédé par les grosses planètes semble irréalisable. Il ne reste donc que la mesure directe du magnétisme lunaire pour résoudre cette importante question, et c'est un puissant argument de plus pour hâter l'envoi d'observateurs sur notre satellite.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Mode rapide d'identification, par voie microchimique, des moindres parcelles de cobalt et de nickel à l'état métallique.* Note [1] de **M. Georges Denigès.**

Cas du Cobalt. — Disons, tout d'abord, que le cobalt, élément magnétique comme le fer et le nickel, est, ainsi qu'eux, attirable à l'aimant. C'est un premier caractère utilisable avec les limailles les plus fines de ce métal. En outre, il présente une riche gamme de réactions spécifiques dont les principales — connues ou inédites — pourront être ainsi appliquées.

Dans une petite capsule de porcelaine — à manche de préférence — intro-

---

[6] A. Dauvillier, *Arch. Sc. Phys. Nat.*, Genève, 5e série, 24, 1942, pp. 5-24, 65-95, et 125-159; *Physique cosmique*, 1, Paris, 1947.

[1] Séance du 3 novembre 1947.

duire 1^{cg}, environ, du métal qu'on veut identifier, ajouter $0^{cm^3},5$ de NO_3H et porter à une douce chaleur. Dans le cas du cobalt, celui-ci est bientôt vivement attaqué et le nitrate formé colore en rose le liquide final qu'on évapore à siccité ou, tout au moins, à une consistance fortement sirupeuse. A mesure que l'évaporation se produit, la teinte passe au pourpre.

Le résidu, dispersé dans $0^{cm^3},2$ d'eau, constitue une solution (liquide A) dont on porte, sur une lame de verre, 1 gouttelette prélevée avec le bout arrondi d'une baguette de verre et on la mélange — en l'étalant le moins possible — avec 1 gouttelette, d'environ même volume, de SO_4H_2 dilué au tiers, en volume. L'ensemble est chauffé tout au-dessus d'une petite flamme de gaz, en imprimant à la lame un mouvement circulaire de façon que l'action de la chaleur s'exerce surtout au pourtour du mélange. On arrête l'opération dès qu'est obtenue une déssiccation au moins partielle du résidu et, sans le couvrir d'une lamelle, on l'examine à un grossissement de 100 à 200 D. On le trouve parsemé d'hexaèdres, de couleur rosée, très souvent groupés en rosaces. Assez hygroscopiques, ces cristaux tendent à disparaître après plusieurs heures; ils se reforment par une nouvelle dessiccation partielle.

Le reste de A est additionné de 2^{cm^3} d'eau et le tout est réparti dans 4 petits tubes à essai. Le contenu de l'un sera additionné de 3 ou 4 fois son volume de ClH concentré et devra prendre une coloration vert bleu avec spectre d'absorption particulier, dans le rouge orangé ([2]).

A celui du 2ᵉ tube, on ajoutera son volume d'une solution, saturée à froid, de sulfocyanate de potassium. Après agitation, le mélange présentera une forte coloration bleu violet (réaction de Schœnn), passant au bleu franc, à l'ébullition et reprenant la teinte violacée par refroidissement.

En outre, il offre un spectre d'absorption typique : forte bande dans l'orangé et plage plus large, mais moins intense dans la région jaune vert ([3]). Enfin, comme l'a indiqué Rusting, le liquide coloré, agité avec un mélange à parties égales d'oxyde d'éthyle et d'amylol, lui cède sa matière colorante.

Le contenu des deux derniers tubes est additionné de son volume d'une solution obtenue en mélangeant une solution d'acide tartrique, à 5-6 % de titre, avec la moitié de son volume d'ammoniaque. Cela fait, dans le tube 3, on verse quelques gouttes d'une solution, à environ 5 % de ferricyanure de potassium, ce qui donne un précipité rouge marron (réaction de Skey) et, dans le tube 4, quelques gouttes de ferrocyanure de potassium de même titre, ce qui produit un précipité vert passant lentement au bleu.

Cas du nickel. — On fait la solution nitrique de ce métal comme celle du cobalt, mais en doublant la dose d'acide. On obtient, ainsi, un liquide vert $[(NO_3)_2Ni]$

([2]) G. Denigès, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1748.

([3]) Ce caractère spectroscopique, très sensible, et la coloration bleue du liquide chauffé n'ont pas été signalés par Schœnn.

dont l'évaporation affaiblit la teinte. Le résidu, desséché ou seulement amené à consistance sirupeuse, est dispersé dans $0^{cm^3},2$ d'eau (liquide B) dont on prélèvera 2 gouttelettes qui seront mises, chacune, sur une lame porte-objet distincte.

Sur l'une d'elles, on porte 1 goutte d'acide chlorhydrique concentré et l'on évapore le tout comme il a été prescrit pour le cas du cobalt. Dès qu'un bourrelet de dessiccation se forme, au pourtour du mélange, on l'examine au microscope (sans lamelle, mais à 400 D, au moins) : il est généralement farci de cristaux prismatiques allongés, à type de pyramide quadrangulaire.

Ces cristaux, formés de chlorure de nickel, sont très hygroscopiques et disparaissent assez rapidement. Une nouvelle dessiccation en permet la réapparition.

L'autre gouttelette, traitée dans les mêmes conditions, mais en remplaçant ClH par SO_4H_2 dilué au tiers, fournit par dessiccation partielle de la masse, des cristaux très faiblement colorés en jaune verdâtre, composés de sulfate de nickel, se présentant sous forme d'hexaèdres, mais à angles plus ou moins arrondis et se voyant fort bien à un grossissement de 100 à 200 D. Ils sont souvent groupés en forme de barillets.

Après un certain temps d'abandon à l'air libre, l'aspect du champ se transforme; on y voit, parfois, de rares mais très volumineuses plaques hexagonales, vert clair, et des assemblages, feuillus ou arborescents, de fins cristaux aiguillés disparaissent aussi. Par une nouvelle dessiccation, on régénère les hexaèdres primitifs.

Enfin, le reste du liquide B est additionné de 1^{cm^3} de solution tartrique ammoniacale et réparti entre deux petits tubes à essai dont l'un reçoit, en outre, quelques gouttes de ferricyanure de potassium qui déterminent la formation d'un précipité jaune, tendant vers l'orangé, et l'autre, quelques gouttes de ferrocyanure de potassium qui donnent un précipité vert bleu.

M. **Auguste Chevalier** fait hommage à l'Académie de son Ouvrage intitulé *Les Caféiers du Globe*. Fascicule III : *Systématique des Caféiers et Faux-Caféiers. Maladies et Insectes nuisibles*, qui constitue le tome XXVIII de l'*Encyclopédie biologique*.

M. **Roger Heim** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage qu'il vient de publier intitulé *La sombre route*.

DÉSIGNATIONS.

La **Société des Ingénieurs civils de France** invite l'Académie à se faire représenter aux cérémonies qu'elle organisera du 30 mai au 6 juin 1948, pour commémorer le centième anniversaire de sa fondation.

MM. **Louis de Broglie**, **Albert Caquot**, **Camille Gutton**, **Albert Portevin**, **Pierre Chevenard**, **René Barthélemy**, **Georges Darrieus** sont désignés.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Faune de France. 47. Hyménoptères tenthredoïdes, par Lucien Berland (présenté par M. L. Fage).

THÉORIE DES NOMBRES. — *Un théorème sur les approximations diophantines.* Note [1] de M. **István Sándor Gál**, présentée par M. Jacques Hadamard [2].

Dans ce qui suit, nous désignons par (a, b) le plus grand diviseur commun et par $[a, b]$ le plus petit multiple commun, des entiers a, b. Soit de plus

$$\frac{(a, b)}{[a, b]} = \langle a, b \rangle.$$

x étant nombre réel quelconque, soit $[x]$ le plus grand entier contenu dans x, et posons $(x) = x - [x]$ et $\{x\} = x - [x] - 1/2$.

E. Landau [3] a montré que

$$(1) \qquad \int_0^1 \{ax\}\{bx\}\,dx = \frac{1}{12}\langle a, b \rangle.$$

Cela met en relation la somme $\sum_{i,j \leq N} \langle n_i, n_j \rangle$ avec le problème de Hardy-Littlewood relatif aux approximations diophantines [4]. En effet, on a, d'après (1),

$$\int_0^1 \left[\sum_{i=1}^{N} (n_i x) - \frac{N}{2}\right] dx = \frac{1}{12} \sum_{i,j \leq N} \langle n_i, n_j \rangle.$$

M. P. Erdös, qui a étudié le premier la somme en question, a montré [5] que

$$\sum_{i,j \leq N} \langle n_i, n_j \rangle \leq c_1 N \log N.$$

---

(1) Séance du 27 octobre 1947.

(2) Note reçue par moi fin août dernier et dont la présentation a été retardée (J. H.).

(3) *Vorlesungen über Zahlentheorie*, II, p. 170.

(4) Cf. J. F. Koksma, *Diophantische Approximationen*, pp. 102-110.

(5) D'après une communication par lettre de M. P. Erdös.

Je considère, au lieu de cette somme, la fonction

$$f(\mathrm{N}) = \max_{|n_i|} \sum_{i,j \leq \mathrm{N}} \langle n_i, n_j \rangle,$$

$|n_1, n_2, \ldots, n_{\mathrm{N}}|$ parcourant tous les systèmes N-uples d'entiers positifs différents. (Lorsque nous parlons, dans ce qui suit, d'un « N-uple », nous en entendons toujours un tel système.)

Nous avons le

Théorème. — *Il existe des constantes c_2 et c_3, indépendantes de* N, *telles que*

$$c_2 \mathrm{N} (\log \log \mathrm{N})^2 \leq f(\mathrm{N}) \leq c_3 \mathrm{N} (\log \log \mathrm{N})^2$$

pour N *assez grand* $(\mathrm{N} \geq c_4)$.

Pour obtenir la limite inférieure, il suffit d'observer que

$$\sum_{n_i, n_j \mid p_1^{k-1} p_2^{k-1} \ldots p_k^{k-1}} \langle n_i, n_j \rangle = \prod_{p \mid p_1 p_2 \ldots p_k} \left(k + 2 \sum_{\nu=1}^{k-1} \frac{k - \nu}{p^\nu} \right).$$

La limite supérieure s'établit d'une manière beaucoup plus compliquée. Je me sers de deux lemmes faciles à démontrer :

Lemme 1. — *A tout* N-*uple* $|n_1, n_2, \ldots, n_{\mathrm{N}}|$ *on peut en faire correspondre un autre* $|n'_1, n'_2, \ldots, n'_{\mathrm{N}}|$, *de façon que si*

$$[n_1, n_2, \ldots, n_{\mathrm{N}}] = p_{\nu_1}^{\alpha_1} p_{\nu_2}^{\alpha_2} \ldots p_{\nu_k}^{\alpha_k}; \qquad \alpha_i \geq 1 \qquad (i = 1, 2, \ldots, k),$$

alors

$$\sum_{i,j \leq \mathrm{N}} \langle n_i, n_j \rangle \leq \sum_{i,j \leq \mathrm{N}} \langle n'_i, n'_j \rangle \quad \text{et} \quad [n'_1, n'_2, \ldots, n'_{\mathrm{N}}] = p_1^{\alpha_1} p_2^{\alpha_2} \ldots p_k^{\alpha_k}$$

$$(p_1 = 2,\ p_2 = 3,\ p_3 = 5,\ \ldots).$$

Lemme 2. — *Soit* $[n_1, n_2, \ldots, n_{\mathrm{N}}] = p_1^{\alpha_1} p_2^{\alpha_2} \ldots p_k^{\alpha_k}$ *et supposons que, pour chaque* $p_\nu (\nu = 1, 2, \ldots, k)$, *il existe deux éléments du* N-*uple*, n_i *et* n_j, *tels que* $n_i = p_\nu n_j$, *alors* $k \leq \binom{\mathrm{N}}{2}$.

De ces deux lemmes, je déduis d'abord le

Théorème auxiliaire. — *A tout* N-*uple* $|n_1, n_2, \ldots, n_{\mathrm{N}}|$, *on peut en faire correspondre un autre* $|\bar{n}_1, \bar{n}_2, \ldots, \bar{n}_{\mathrm{N}}|$ *jouissant des propriétés suivantes :*

a. $$\sum_{i,j \leq \mathrm{N}} \langle n_i, n_j \rangle \leq \sum_{i,j \leq \mathrm{N}} \langle \bar{n}_i, \bar{n}_j \rangle;$$

b. $$[\bar{n}_1, \bar{n}_2, \ldots, \bar{n}_{\mathrm{N}}] = p_1^{\alpha_1} \cdot p_2^{\alpha_2} \ldots p_k^{\alpha_k};\ k \leq \binom{\mathrm{N}}{2},$$

c. lorsque $p_\nu^l / \bar{n}_i$, *mais* $p_\nu^{l+1} \nmid \bar{n}_i$; *et* $l \neq [\alpha_\nu/2]$, *alors il existe un* $\bar{n}_j$ *tel que* $\bar{n}_j = p_\nu^{[\alpha_\nu/2]-l} \bar{n}_i$.

Je démontre ce théorème auxiliaire en construisant certaines chaînes

de N-uples dont la première commence par le N-uple donné et la dernière se termine par le N-uple cherché.

On peut montrer qu'un tel N-uple *extrémal* $|\overline{n}_1, \overline{n}_2, \ldots, \overline{n}_N|$ comprend toujours un élément $\overline{n}_u$ tel que

$$\sum_{j=1}^{N} \langle \overline{n}_u, \overline{n}_j \rangle < c_5 (\log \log N)^2.$$

A cet effet, on n'a qu'à choisir l'élément contenant le plus grand nombre de facteurs premiers supérieurs à $(\log N)^3$, chacun à une puissance $\geq [\alpha_\nu/2]$.

Le même procédé s'applique d'ailleurs aussi, d'une manière beaucoup plus simple, à l'étude de la fonction

$$g(N) = \max_{(n_i, n_j)=1} \sum_{i,j \leq N} \langle n_i, n_j \rangle.$$

On peut montrer de cette façon que

$$c_6 N \log \log N \leq g(N) \leq c_7 N \log \log N.$$

ALGÈBRE. — *Sur l'arithmétique des filtres premiers.*
Note (¹) de M. **António Monteiro**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Soit R un réticulé (²) contenant au moins deux éléments. Nous dirons qu'un ensemble F, non vide, contenu dans R, est un *filtre* (³) si : 1° $F \neq R$; 2° si $f \in F$ et $r \in R$, alors $f \cup r \in F$; 3° si $f, g \in F$, alors $f \cap g \in F$. La notion duale de filtre est celle d'idéal. On dit qu'un *filtre* est *premier*, si $a \cup b \in F$ entraîne $a \in F$ ou $b \in F$. D'une façon duale on définit les idéaux premiers. Un *filtre* est dit *maximal* s'il n'existe aucun filtre contenant effectivement le filtre F. D'une façon analogue on définit les idéaux maximaux. Il peut arriver qu'un réticulé ne contienne aucun filtre premier. Le cas opposé est celui où tous les filtres sont premiers.

1° *Pour que, dans un réticulé* R, *tous les filtres (idéaux) soient des filtres (idéaux) premiers, il faut et il suffit que* R *soit linéaire* (⁴).

Entre ces deux cas extrêmes on peut considérer le cas où chaque filtre est l'intersection de filtres premiers. Nous donnerons à cette propriété le nom de *théorème de l'arithmétique des filtres premiers*. Dualement on peut considérer le

---

(¹) Séance du 3 novembre 1947.

(²) Garret Birkhoff, *Lattice Theory* (*Am. Math. Soc. Colloquium Publications*, 25, 1940); N. Bourbaki, *Éléments de Mathématique* (*Act. Sci. et Ind.*, n° 846, Paris, 1939).

(³) Cette terminologie a été introduite par H. Cartan, *Comptes rendus*, 205, 1937, pp. 595 et 777.

(⁴) Cela veut dire qu'étant donnés deux éléments x et y de R, on a soit $x \subseteq y$, soit $y \subseteq x$.

théorème de l'arithmétique des idéaux premiers (tout idéal est l'intersection d'idéaux premiers).

M. Stone ([5]) a démontré que ces deux théorèmes sont valables dans les réticulés distributifs.

2° *Pour que, dans un réticulé* R, *le théorème de l'arithmétique des filtres (idéaux) premiers soit vérifié, il faut et il suffit que* R *soit un réticulé distributif.*

On en déduit que le théorème de l'arithmétique des filtres premiers est équivalent à celui des idéaux premiers. On peut préciser la représentation d'un filtre comme intersection de filtres premiers. Parmi les filtres premiers qui contiennent un filtre donné F, il existe des filtres premiers minimaux F_0, c'est-à-dire tels qu'il n'existe aucun filtre premier contenant F et effectivement contenu dans F_0. Nous dirons que F_0 est un filtre premier minimal relatif à F. Dans un réticulé distributif, tout filtre est l'intersection de ses filtres premiers minimaux relatifs (représentation minimale). Si les filtres premiers minimaux relatifs qui contiennent un filtre donné sont en nombre fini, sa représentation minimale est unique.

2. Il est bien connu que dans un réticulé distributif, tout filtre (idéal) maximal est premier. Il y a des réticulés distributifs qui ne contiennent aucun filtre maximal ni aucun idéal maximal ; c'est ce qui arrive dans le réticulé des nombres réels (ordonnés par la relation $\leqq$). Le cas extrême opposé est celui où :

(*i*) Tous les filtres premiers sont maximaux.

(*ii*) Tous les idéaux premiers sont maximaux.

Nous dirons, respectivement, que l'arithmétique des filtres (idéaux) de R est extrémale. Nous nous proposons de déterminer tous les réticulés distributifs où il en est ainsi.

Appelons *réticulé de Boole* un réticulé où chaque élément a un complément relatif (c'est-à-dire : pour chaque x tel que $a \subseteq x \subseteq b$ il existe x' tel que $x \cap x' = a$, $x \cup x' = b$).

3° *Pour que l'arithmétique des filtres (idéaux) d'un réticulé distributif* R *soit extrémale, il faut et il suffit que* R *soit un réticulé de Boole.*

On en déduit que les conditions (*i*) et (*ii*) sont équivalentes. Un réticulé de Boole qui contient un premier élément est un anneau de Boole. Dans ce cas la suffisance de la condition indiquée dans 3° pour les idéaux a été démontrée par M. Stone ([6]). Si l'anneau de Boole contient un dernier élément, on a une algèbre de Boole et, dans ce cas, la nécessité de la condition indiquée dans 3° a été démontrée par L. Nachbin.

Entre les deux cas extrêmes que nous venons de signaler, il y a lieu de considérer les cas suivants :

([5]) *Topological Representations of Distributive Lattices and Brouwerian Logics* (*Cas. Mat. Fys.*, 67, 1937, pp. 1-25).

([6]) *The Theory of Representations for Boolean Algebras* (*Trans. Amer. Math. Soc.*, 40, 1936, pp. 33-111).

M_1. Tout filtre est l'intersection de filtres maximaux.

M_2. Tout idéal est l'intersection d'idéaux maximaux.

D'après un exemple qui m'a été communiqué, indépendamment, par L. Nachbin et J. Dieudonné, un réticulé distributif peut vérifier M_1 sans vérifier M_2, et réciproquement. Si M_1 et M_2 sont vérifiées, nous dirons que l'arithmétique de R est maximale. Le problème de savoir s'il existe un réticulé distributif ayant une arithmétique maximale qui ne soit pas extrémale, n'est pas résolu. A ce propos on peut démontrer les résultats suivants :

4° *Si un réticulé distributif, conditionnellement complet, a une arithmétique maximale, c'est un réticulé de Boole.*

En particulier les seuls réticulés distributifs complets ayant une arithmétique maximale sont les algèbres de Boole (complètes).

5° *Si un réticulé* R *distributif et inf-complémenté* (7) *satisfait à* M_1, *alors* R *est un réticulé de Boole.*

On en déduit que les seules Logiques de Brouwer (8) ayant une arithmétique des filtres maximale sont les algèbres de Boole.

ALGÈBRE. — *Sur la multiplication des fonctions caractéristiques de Schur.* Note (1) de M. **Léonce Lesieur**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Rappelons la définition d'une fonction caractéristique de Schur (2) : $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_p$ étant des entiers positifs ou nuls; $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_p$ des éléments d'un corps commutatif, on pose

$$\{\lambda\} = \{\lambda_1, \lambda_2, \ldots \lambda_p\} = \frac{|\alpha_s^{\lambda_t+p-t}|}{|\alpha_s^{p-t}|}. \tag{1}$$

Les deux termes de la fraction du dernier membre de (1) sont des déterminants d'ordre p; s désigne le numéro de la ligne et t celui de la colonne. Il en résulte :

a. L'échange de deux parties consécutives dans $\{\lambda\}$ s'accompagne d'un changement de signe pour $\{\lambda\}$, de l'addition d'une unité à la première partie, de la soustraction d'une unité à la deuxième partie (supposée non nulle)

$$\{2, 0, 2\} = -\{2, 1, 1\} = -\{2, 1^2\};$$

b. On a $\{\lambda\} = 0$ lorsque deux parties consécutives sont deux entiers consécutifs

$$\{3, 0, 1\} = 0;$$

(7) Un élément x de R est inf-complémenté si pour chaque couple a, b tel que $a \subseteq x \subseteq b$, il existe un élément $x_0 \subseteq b$ tel que : 1° $x \cap x_0 = a$; 2° si $y \subseteq b$ est tel que $x \cap y = a$, alors $y \subseteq x_0$. Un réticulé est dit inf-complémenté si chaque élément de R est inf-complémenté.

(8) J. C. C. Mc Kinsey and Alfred Tarski, *On Closed Elements in Closure Algebras* (*Annals of Math.*, 47, 1946, pp. 122-162).

(1) Séance du 27 octobre 1947.

(2) Voir D. E. Littlewood, *The theory of group characters*, 1940, pp. 81-146, Oxford.

c. On a

$$\{0, 0, \ldots, 0\} = 1;$$

d. La suppression de zéros en fin de partition équivaut à l'annulation d'autant de variables α qu'il y a de zéros supprimés. On se dispense souvent de les écrire.

2. Il est facile de multiplier une fonction de Schur $\{\lambda\}$ par une fonction symétrique $V = \Sigma\alpha_1^{l_1}\alpha_2^{l_2}\ldots\alpha_n^{l_n}$.

Cette opération est effectuée par M. Comét Stig [3] pour les fonctions symétriques élémentaires $a_k = \{1^k\} = \Sigma\alpha_1\alpha_2\ldots\alpha_k$, par l'addition d'une unité aux parties de $\{\lambda\}$ constituant une combinaison quelconque de k parties de $\{\lambda\}$. Par exemple

$$\{2, 1, 0, 0, 0\}\Sigma\alpha_1\alpha_2\alpha_3 = \{3, 2, 1\} + \{3, 1^3\} + \{2^2, 1^2\} + \{2, 1^4\}.$$

Dans le cas général, je remarque qu'*il suffit d'ajouter de toutes les façons possibles, sans répétition, les entiers $l_1, l_2, \ldots, l_n$ à n parties de* $\{\lambda\}$. Ainsi

$$\begin{aligned}\{2, 1, 0, 0, 0\}\Sigma\alpha_1^2\alpha_2 &= \{4, 2\} + \{4, 1^2\} + \{3^2\} + \{2^3\} + \{3, 1, 0, 2\} + \{2^2, 0, 2\} + \{2, 1, 0, 2, 1\} \\ &\quad + \{2, 1, 1, 0, 2\} \\ &= \{4, 2\} + \{4, 1^2\} + \{3^2\} + \{2^3\} - \{3, 1^3\} - \{2^2, 1^2\} - 2\{2, 1^4\}\end{aligned}$$

(les termes nuls comme $\{2, 1, 2, 1\}$ n'ont pas été écrits).

3. La règle précédente permet en particulier d'exprimer toute fonction symétrique $V = \Sigma\alpha_1^{l_1}\alpha_2^{l_2}\ldots\alpha_n^{l_n}$ comme combinaison linéaire entière de fonctions de Schur, d'après la remarque

$$\Sigma\alpha_1^{l_1}\alpha_2^{l_2}\ldots\alpha_n^{l_n} = \{0, 0, \ldots, 0\}\Sigma\alpha_1^{l_1}\alpha_2^{l_2}\ldots\alpha_n^{l_n}.$$

Par exemple,

$$\begin{aligned}\Sigma\alpha_1\alpha_2\alpha_3 &= \{1^3\}, \\ \Sigma\alpha_1^2\alpha_2 &= \{2, 1\} - 2\{1^3\}, \\ \Sigma\alpha_1^3 &= \{3\} - \{2, 1\} + \{1^3\}.\end{aligned}$$

On en déduit par inversion de la matrice des coefficients

$$\begin{aligned}\{1^3\} &= \Sigma\alpha_1\alpha_2\alpha_3, \\ \{2, 1\} &= 2\Sigma\alpha_1\alpha_2\alpha_3 + \Sigma\alpha_1^2\alpha_2, \\ \{3\} &= \Sigma\alpha_1\alpha_2\alpha_3 + \Sigma\alpha_1^2\alpha_2 + \Sigma\alpha_1^3.\end{aligned}$$

4. Nous sommes en mesure d'effectuer la multiplication de deux fonctions de Schur $\{\lambda\}$ et $\{\mu\}$.

On exprime

$$\{\mu\} = k_{\mu l}\Sigma\alpha_1^{l_1}\alpha_2^{l_2}\ldots\alpha_n^{l_n},$$

---

(3) *Une propriété des déterminants et son application au calcul des caractères des groupes symétriques* (*Kungl. Fysiografiska Sällskapets i Lund Forhandlinger*, 14, n° 7, 1945, pp. 84-94.)

comme il a été expliqué dans {3}. D'où

$$\{\lambda\}\{\mu\}=k_{\mu l}\{\lambda\}\Sigma\alpha_1^{l_1}\alpha_2^{l_2}\ldots\alpha_n^{l_n}.$$

Le produit $\{\lambda\}\Sigma\alpha_1^{l_1}\alpha_2^{l_2}\ldots\alpha_n^{l_n}$ se calcule d'après la règle donnée dans (2)

$$\{\lambda\}\Sigma\alpha_1^{l_1}\alpha_2^{l_2}\ldots\alpha_n^{l_n}=h_{\lambda l\nu}\{\nu\}.$$

On en déduit

$$\{\lambda\}\{\mu\}=k_{\mu l}h_{\lambda l\nu}\{\nu\}$$

ou

(2) $$\{\lambda\}\{\mu\}=g_{\lambda\mu\nu}\{\nu\}.$$

La sommation, sous-entendue par l'indice, est étendue à toutes les partitions $\{\nu\}$ de l'entier $\nu=\lambda+\mu$, dont les parties sont rangées par ordre non croissant.

Application.

$$\{\lambda\}=\{2,1\};\qquad \{\mu\}=\{2,1\};$$
$$\{2,1\}\{2,1\}=\{4,2\}+\{4,1^2\}+\{3^2\}+\{2^3\}+\{3,1^3\}+\{2^2,1^2\}+2\{3,2,1\},$$

résultat donné par D. E. Littlewood [4]

Les coefficients de (2) ont la propriété

$$g_{\lambda\mu\nu}\geqq 0,\qquad g_{\lambda\mu\nu}=g_{\mu\lambda\nu}.$$

THÉORIE DES GROUPES. — *Représentations linéaires du groupe affine.*
Note de M. **Jacques Courtois**.

I. Le *groupe affine* est le groupe des transformations linéaires homogènes, à déterminant non nul, d'un espace vectoriel E en lui-même.

En fait, les grandeurs que nous allons définir existent dans tout espace où $\vec{y}=\lambda\vec{x}$ a un sens et sont des représentations linéaires d'un groupe de transformations de E en lui-même plus général que le groupe affine. Leur étude sera publiée ultérieurement.

1. *Soit* $f(\vec{x})$ *une fonction à valeurs* (scalaires) *numériques* (complexes en général), *définie pour tout vecteur* $\vec{x}$ *fini non nul de* E $\left(\vec{x}\in E-\{0\}\right)$.

Cette fonction est, de plus, supposée *homogène* (*positivement homogène*) *de degré* u, *si* E *est complexe* (*réel*); elle doit être *uniforme* et, par suite, u *est entier* (*quelconque*).

Une *valeur* $f(\vec{x})$ de cette fonction est *le produit scalaire d'une grandeur attachée à* $\vec{x}$ (opérateur *valeur en* $\vec{x}$), que nous appellerons le *radieur* $\vec{x}^{\,u}$, *par une grandeur représentant la fonction elle-même*, que nous appellerons le *coradieur* $\mathbf{f}$. Ainsi, un coradieur d'ordre u représente une telle fonction.

---

(4) *Group Characters and Algebras* (*Philos. Trans. of the Royal Soc. of London*, **233**, 1934, pp. 99-141).

2. Les fonctionnelles linéaires des fonctions précédentes (ou d'une classe invariante de telles fonctions) forment un espace vectoriel dans lequel les radieurs $\vec{x}^u$ définissent une variété linéaire. *C'est cette variété linéaire, fermée à l'aide d'une topologie convenable, qui constitue les radieurs d'ordre u.*

3. Dans les mêmes conditions, une fonction définie seulement *presque partout*, mais *indéfiniment dérivable*, donne un *expanseur*. Dans un espace E *complexe*, il faut également considérer des fonctions telles que

$$f\left(r e^{i\theta} \vec{x}\right) = r^u e^{i\nu\theta} f\left(\vec{x}\right) \quad (r > 0,\ u \text{ quelconque},\ \nu \text{ entier}).$$

Une telle fonction définit un *coradieur généralisé* $\mathfrak{f}$. $f\left(\vec{x}\right)$ est le produit scalaire de $\mathfrak{f}$ par le *radieur généralisé* $\left|\vec{x}\right|^{u-\nu} \vec{x}^{\nu}$.

4. *Une fonctionnelle* $A\left(f_1, \ldots, f_p; \vec{x}_1, \ldots, \vec{x}_q\right)$ *définit une grandeur de rang* $p+q$, *p fois radieur, q fois coradieur, si elle est égale : d'une part, au produit scalaire du coradieur* $\mathfrak{f}_1$ *par un radieur indépendant de* $\mathfrak{f}_1$; *d'autre part, ..., au produit scalaire du radieur* $\vec{x}_1^{u_1}$ *par un coradieur indépendant de* $\vec{x}_1$ *etc.*

En particulier, un *coradieur de rang n* correspond à une *fonction de n vecteurs*. Les *tenseurs* sont des coradieurs. Un *radieur* $\Sigma_i \alpha_i \vec{a}_i^u$ peut être représenté par le coradieur (de rang 1) $\mathfrak{f}$, d'ordre $-u$, tel que $f\left(\vec{a}_i\right) = \alpha_i$ et $f\left(\vec{x}\right) = 0$ en dehors des droites (demi-droites) supports des $\vec{a}_i$.

Si E est à N coordonnées (N dimensions s'il est réel, 2N s'il est complexe), les coradieurs de rang $n > N$ constituent une représentation *non homogène*, réductible en représentations de rang N. Les coradieurs de rang $n < N$ peuvent être considérés comme de rang N. Ainsi, la représentation la plus riche est celle des *coradieurs de rang* N, au sein de laquelle les coradieurs de rang inférieur constituent des variétés linéaires invariantes.

Les *opérations sur les coradieurs* représentent, par définition, les opérations correspondantes sur les fonctions.

II. *Représentations unitaires.* — Les représentations unitaires des groupes font l'objet de nombreux travaux actuellement en cours de publication ([1]). Il est probable, notamment, que les résultats, non encore publiés, de Gelfand et Neumark sur le groupe unimodulaire, joints aux remarques ci-dessous, permettront une étude complète du cas du groupe affine.

1. *Pseudo-scalaires* (E réel). — $\mathfrak{d}$ étant une *densité*, définie par la fonction

---

([1]) Cf. notamment : GELFAND, NEUMARK et DOKL, *Sur le groupe unimodulaire* (*C. R. Ac. Sc. U. R. S. S.*, 54, 1946, p. 195); DIRAC, *Sur le groupe de Lorentz* (*Proc. Roy. Soc.*, A, 183, 1945, p. 284); GELFAND et NEUMARK, *J. of Physics U. R. S. S.*, 10, 1946, p. 93; V. BARGMANN, *Ann. of Math.*, 48, 1947, p. 568.

scalaire

$$d[\vec{x}_1, \ldots, \vec{x}_N],$$

un pseudo-scalaire S est l'expanseur défini par l'une des fonctions

$$(1)\qquad a\left|d[\vec{x}_1, \ldots, \vec{x}_N]\right|^u,$$

$$(2)\qquad a\left|d[\vec{x}_1, \ldots, \vec{x}_N]\right|^{u-1} \quad (d[\vec{x}_1, \ldots, \vec{x}_N]).$$

Pour u imaginaire pur, on obtient des représentations unitaires du groupe affine. En effet, dans les deux cas, une transformation de déterminant $\Delta > 0$ multiplie S par Δ^u, $\overline{S}'$ par $\overline{\Delta^u} = \Delta^{-u}$, donc $\overline{S}'S$ est invariant. Pour $\Delta = -1$, (1) est multiplié par $+1$, (2) par -1.

Ces représentations unitaires à une composante sont irréductibles.

2. *Radieurs. — Supposons* E *réel.* Soit un radieur de rang 1 de la forme

$$\xi = \sum_1^\infty \alpha_p \vec{p}^{\,i\nu} \quad \text{avec} \quad \vec{a}_p \neq 0, \quad \sum_1^\infty |\alpha_p|^2 < +\infty,$$

ξ a pour norme

$$\|\xi\| = \left[\sum_1^\infty |\alpha_p|^2\right].$$

Le produit scalaire $(\vec{a}^{\,u}, \vec{b}^{\,u})$ est, par définition, nul, à moins que $\vec{a}$ et $\vec{b}$ soient *colinéaires et de même sens,* auquel cas

$$\vec{b} = \lambda\vec{a}, \quad \lambda > 0, \quad (\vec{a}^{\,u}, \vec{b}^{\,u}) = \lambda^{i\nu}.$$

On obtient une *représentation unitaire non continue du groupe affine.*

Si E *est complexe, cette représentation unitaire existe seulement pour* $\nu = 0$. Le produit scalaire est posé égal à 1 pour deux vecteurs colinéaires quelconques.

On peut former des représentations unitaires non continues analogues à l'aide de radieurs de rang quelconque.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les solutions élémentaires des équations linéaires aux dérivées partielles totalement hyperboliques d'ordre plus grand que deux et à un nombre impair de variables indépendantes.* Note (¹) de M. **Florent Bureau**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. Considérons l'équation linéaire aux dérivées partielles totalement hyperbolique, d'ordre n pair et à trois variables indépendantes x, y, t, s'écrivant

---

(¹) Séance du 3 novembre 1947.

symboliquement

$$(1)\qquad f\left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}, \frac{\partial}{\partial t}\right)u = g(x, y, t);$$

nous avons désigné par $g(x, y, t)$ une fonction régulière et par $f(\alpha, \beta, \gamma)$, une forme indéfinie d'ordre n, à coefficients réels et constants, telle que la courbe $f(\alpha, \beta, 1) = 0$ se décompose en $n/2$ ovales, sans points communs, entourant l'origine; nous admettrons en outre, pour simplifier, que $f(\alpha, \beta, \gamma)$ est un polynome en γ^2.

Désignons par (α_ν, β_ν), $(\nu = 1, \ldots, n)$, les n points d'intersection de la courbe $f(\alpha, \beta, 1) = 0$ avec la droite $\alpha x + \beta y + t = 0$ et posons $\varepsilon_\nu = \text{signe}\, \mathcal{R}(\beta_\nu / i\alpha_\nu)$. On peut montrer que la solution élémentaire de l'équation (1) est donnée par

$$v(x, y, t) = i\pi \sum \varepsilon_\nu \int_{(\alpha_0, \beta_0)}^{(\alpha_\nu, \beta_\nu)} (\alpha x + \beta y + t)^{n-3} \frac{d\alpha}{f_2},$$

la somme étant étendue aux intersections imaginaires (α_ν, β_ν) de la courbe $f(\alpha, \beta, 1) = 0$ avec la droite $\alpha x + \beta y + t = 0$; nous avons désigné par (α_0, β_0), un point arbitraire et nous avons posé $f_2 = \partial f / \partial \beta$.

Lorsque le point (x, y, t) est complètement extérieur au cône caractéristique Γ de l'équation (1), c'est-à-dire lorsque la droite $\alpha x + \beta y + t = 0$ rencontre tous les ovales de la courbe $f(\alpha, \beta, 1) = 0$, la fonction $v(x, y, t)$ et ses dérivées partielles sont identiquement nulles.

La fonction v et ses dérivées partielles d'ordre inférieur à $n-2$ restent finies sur le cône Γ et tendent vers zéro sur l'ovale extérieur de Γ; les dérivées partielles de v, d'ordre $n-2$ et $n-1$, deviennent infinies au voisinage de $\Gamma = 0$, respectivement comme $\Gamma^{-\frac{1}{2}}$ et $\Gamma^{-\frac{3}{2}}$.

2. Soit, dans l'espace (x, y, t), un domaine V situé tout entier à distance finie et limité par un nombre fini de surfaces analytiques S. Nous avons la formule de réciprocité

$$(2)\qquad n! \iiint_V [u f(v) - v f(u)]\, d\tau = -\iint_S \sum_{i=1}^{3} \pi_i P_i\, d\sigma,$$

où les P_i sont des combinaisons bilinéaires des dérivées partielles des fonctions u et v; la normale à S est comptée positivement vers l'intérieur de V et ses cosinus directeurs sont désignés par π_1, π_2, π_3. En particulier, les termes contenant les dérivées d'ordre $n-1$ de v s'écrivent

$$(n-1)! \sum_{i=1}^{3} \pi_i f_i(v),$$

où nous avons posé

$$f_1 = \frac{\partial f}{\partial \alpha}, \qquad f_2 = \frac{\partial f}{\partial \beta}, \qquad f_3 = \frac{\partial f}{\partial \gamma}.$$

3. Pour résoudre le problème de Cauchy correspondant à l'équation (1), lorsque les données de Cauchy sont connues sur une surface S possédant une orientation d'espace, il suffit d'appliquer la méthode des singularités en utilisant la formule de réciprocité (2) et la solution élémentaire v. Comme pour les équations du second ordre, on a à considérer la partie finie d'intégrales divergentes. Si $\mathcal{D}$ est le domaine déterminé par le cône caractéristique de sommet $P_0 = (x_0, y_0, t_0)$, $(t_0 > 0)$ et par une portion $S^\star$ de la surface S portant les données de Cauchy, on trouve

$$\Theta\, u(P_0) = n\,! \iiint_{\mathcal{D}} v\, g\, d\tau - p \text{ fin} \iint_{S^\star} \left(\sum_{i=1}^{3} \pi_i P_i \right) d\sigma,$$

Θ étant une constante non nulle que l'on peut calculer facilement lorsque la courbe $f(\alpha, \beta, 1) = 0$ se décompose en deux circonférences concentriques.

Pour déterminer Θ dans le cas général, nous avons utilisé les propriétés des dérivées de la partie finie d'une intégrale et nous avons obtenu

$$\Theta = -(n-3)\,!\; 2\pi^2 \frac{f_3(0, 0, 1)}{f(0, 0, 1)}.$$

4. Les résultats précédents s'étendent sans difficulté aux équations à un nombre impair de variables indépendantes; lorsque les variables indépendantes sont en nombre pair, il se présente des particularités sur lesquelles nous reviendrons prochainement.

Observation sur la Note précédente, par M. **Jacques Hadamard**.

La nouvelle Note de M. Florent Bureau marque un progrès essentiel dans l'étude du cas hyperbolique des équations aux dérivées partielles d'ordre supérieur.

Une difficulté primordiale s'oppose, en effet, aux recherches sur ce sujet : celle de préciser ce qu'on doit entendre, dès que le nombre des variables est supérieur à deux, par équation *totalement hyperbolique*.

On n'avait pu, jusqu'ici, préciser des cas où l'on peut se poser le problème que lorsque la forme caractéristique se décompose en facteurs du deuxième degré, l'équation étant de la forme

$$F[G(u)] = 0$$

(F, G polynomes différentiels du deuxième ordre). Les problèmes de cette nature avaient fait l'objet des belles études de Herglotz et de M. Bureau lui-même.

Pour la première fois, a pu être abordée une équation ne relevant pas du type précédent.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Théorèmes taubériens pour les séries doubles.*

Note [1] de M. **Hubert Delange**, présentée par M. Paul Montel.

Nous considérons la série $\Sigma a_{mn} e^{-mx-ny}$, dans laquelle les indices m et n prennent tous les systèmes de valeurs satisfaisant à $m \geqq 0$, $n \geqq 0$. Les coefficients sont supposés réels, ainsi que x et y, et nous posons

$$S_{mn} = \sum_{\substack{i \leq m \\ j \leq n}} a_{ij}; \qquad p_{mn} = \sum_{j=0}^{j=n} a_{mj}; \qquad q_{mn} = \sum_{i=0}^{i=m} a_{in}.$$

D'autre part, dans tout ce qui suit, la série est supposée absolument convergente pour $x > 0$ et $y > 0$, et sa somme est désignée par $F(x, y)$.

Nous supposons toujours x et y positifs.

I. Il arrive que, moyennant des hypothèses supplémentaires convenables, le fait que $F(x, y)$ tende vers S quand x et y tendent vers zéro entraîne que S_{mn} tend vers S quand m et n tendent vers $+\infty$.

Hardy et Littlewood ont montré qu'il en est ainsi si l'on suppose que mp_{mn} et nq_{mn} sont bornés pour m et n quelconques et tendent vers zéro quand m et n tendent vers $+\infty$ [2].

Knopp a montré qu'il suffit de supposer que $F(x, y)$ est borné pour $x > 0$ et $y > 0$ et que $(m^2 + n^2) a_{mn}$ est borné [3].

Enfin, Durañona y Vedia a montré qu'il suffit même de supposer

$$|F(x, y)| \leqq K, \qquad mp_{mn} \geqq -H, \qquad nq_{mn} \geqq -H \quad [4].$$

Nous allons énoncer des résultats qui englobent tous les précédents.

Dans tout ce qui suit, λ et μ désignent deux nombres réels supérieurs à 1 et E un ensemble de couples d'entiers positifs ou nuls m et n, supposé tel que, quel que soit le nombre positif A, E possède au moins un élément satisfaisant à $m \geqq A$, $n \geqq A$.

Nous posons

$$W_{mn}(\lambda, \mu) = \operatorname*{Max}_{\substack{m \leq m' \leq \lambda m \\ n \leq n' \leq \mu n}} |S_{m'n'} - S_{mn}|;$$

$$\overline{w}(\lambda, \mu) = \operatorname{Sup} W_{mn}(\lambda, \mu);$$

$$-W'_{mn}(\lambda, \mu) = \operatorname*{Min}_{\substack{m \leq m' \leq \lambda m \\ n \leq n' \leq \mu n}} [S_{m'n'} - S_{mn}]; \qquad W''_{mn}(\lambda, \mu) = \operatorname*{Max}_{\substack{\frac{m}{\lambda} \leq m' \leq m \\ \frac{n}{\mu} \leq n' \leq n}} [S_{m'n'} - S_{mn}];$$

$$\overline{w}_1(\lambda, \mu) = \operatorname{Sup} W'_{mn}(\lambda, \mu) = \operatorname{Sup} W''_{mn}(\lambda, \mu);$$

$$w_1(\lambda, \mu) = \varlimsup_{m, n \to +\infty} W'_{mn}(\lambda, \mu) = \varlimsup_{m, n \to +\infty} W''_{mn}(\lambda, \mu);$$

$$w'(E, \lambda, \mu) = \varlimsup_{\substack{m, n \to +\infty \\ (m, n) \in E}} W'_{mn}(\lambda, \mu); \qquad w''(E, \lambda, \mu) = \varlimsup_{\substack{m, n \to +\infty \\ (m, n) \in E}} W''_{mn}(\lambda, \mu).$$

---

(1) Séance du 3 novembre 1947.

(2) *Proc. London Math. Soc.*, (2), **11**, 1913, pp. 411-478 et th. **40**, p. 468.

(3) *Math. Zeits.*, **45**, 1939, pp. 573-589 et th. 5, p. 584. L'hypothèse $|F(x, y)| \leqq K$ est superflue.

(4) *Univ. Nac. de La Plata* (*Publ. de la Fac. de Ciencas Fisicomat.*, (2), 4, 1940, pp. 291-324 et th. **48**, p. 323).

Ou bien $\overline{\varpi}(\lambda, \mu) = +\infty$ quels que soient λ et μ, ou bien $\overline{\varpi}(\lambda, \mu) < +\infty$ quels que soient λ et μ. De même pour $\varpi_1(\lambda, \mu)$.

On a $\varpi'(E, \lambda, \mu) \leqq \varpi_1(\lambda, \mu)$ et $\varpi''(E, \lambda, \mu) \leqq \varpi_1(\lambda, \mu)$.

En outre, chacune des fonctions considérées, lorsqu'elle est finie pour λ et μ assez voisins de 1, tend vers une limite positive ou nulle bien déterminée lorsque λ et μ tendent vers 1. Nous désignerons par ω_1, $\omega'(E)$, $\omega''(E)$, les limites de $\varpi_1(\lambda, \mu)$, $\varpi'(E, \lambda, \mu)$ et $\varpi''(E, \lambda, \mu)$.

On a $\omega'(E) \leqq \omega_1$ et $\omega''(E) \leqq \omega_1$.

Théorème 1. — *Si $\overline{\varpi}(\lambda, \mu) < +\infty$, et si $F(x, y)$ tend vers S quand x et y tendent vers o, on a quel que soit E*

$$S - \omega''(E) \leqq \underset{\substack{m, n \to +\infty \\ (m,n) \in E}}{\underline{\lim}} S_{mn} \leqq \underset{\substack{m, n \to +\infty \\ (m,n) \in E}}{\overline{\lim}} S_{mn} \leqq S + \omega'(E).$$

Théorème 2. — *Les hypothèses $|F(x, y)| \leqq K$ pour $x > 0$ et $y > 0$, et $\overline{\varpi}_1(\lambda, \mu) < +\infty$ entraînent $\overline{\varpi}(\lambda, \mu) < +\infty$.*

Corollaire *a*. — *Si $\overline{\varpi}(\lambda, \mu) < +\infty$ et $\omega_1 = 0$, la convergence de $F(x, y)$ vers S quand x et y tendent vers zéro entraîne la convergence de S_{mn} vers S quand m et n tendent vers $+\infty$* (Ceci a lieu en particulier si $(m^2 + n^2)|a_{mn}| \leqq M$).

Corollaire *b*. — *Si l'on ajoute l'hypothèse $|F(x, y)| \leqq K$, on peut remplacer dans l'énoncé précédent l'hypothèse $\overline{\varpi}(\lambda, \mu) < +\infty$ par $\overline{\varpi}_1(\lambda, \mu) < +\infty$.*

(Comme cas particulier, on a le résultat de Duraňona y Vedia).

II. Supposons maintenant les coefficients a_{mn} *positifs ou nuls*.

(α) Si l'on a pour x et y tendant vers zéro : $F(x, y) \sim A x^{-\alpha} y^{-\beta}$, avec $\alpha > 0$ et $\beta > 0$, on a pour m et n tendant vers $+\infty$

$$S_{mn} \sim \left[\frac{A}{\Gamma(\alpha+1)\Gamma(\beta+1)}\right] m^\alpha n^\beta.$$

(β) Si l'on a pour x et y positifs fixes et ρ tendant vers $+\infty$

$$F(\rho x, \rho y) \sim \rho^{-\alpha} G(x, y), \quad (\text{avec } \alpha > 0)$$

[ce qui implique que pour tout k positif $G(kx, ky) = k^{-\alpha} G(x, y)$], on a pour m et n tendant vers $+\infty$ de façon que n/m et m/n restent bornés : $S_{mn} \sim g(m, n)$, où g est une certaine fonction continue déterminée par la connaissance de $G(x, y)$, et qui satisfait à $g(ku, kv) = k^\alpha g(u, v)$.

III. Dans les énoncés des paragraphes I et II, les hypothèses sur le comportement de $F(x, y)$ lorsque le point (x, y) tend vers le point (o, o), peuvent être remplacées par les mêmes hypothèses valables seulement pour (x, y) intérieur à un certain angle bien déterminé intérieur à l'angle xOy. Les conclusions subsistent à condition de supposer toujours que m et n tendent vers $+\infty$ de manière que n/m et m/n restent bornés.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le produit de composition de deux fonctions.* Note [1] de M. **Jacques Dufresnoy**, présentée par M. Paul Montel.

Théorème. — *Soient $f(x)$ et $g(x)$ deux fonctions continues dans $0 \leqq x \leqq x_0$. Si $\int_0^x f(t)\,g(x-t)\,dt = 0$ pour toutes les valeurs de x appartenant à cet intervalle, on se trouve nécessairement dans l'un des trois cas suivants :*

a. $f(x)=0$ pour $0 \leqq x \leqq x_0$;

b. $g(x)=0$ » $0 \leqq x \leqq x_0$;

c. $\left\{\begin{array}{lll} f(x)=0 & » & 0 \leqq x \leqq \xi_0 \\ g(x)=0 & » & 0 \leqq x \leqq \xi'_0 \end{array}\right\}$ avec $\xi_0+\xi'_0 \geqq x_0$.

De ce théorème, on déduira immédiatement le corollaire suivant, qui répond à une question posée par M. L. Schwarz et que m'a communiquée M. Revuz :

Corollaire. — *Soient $f(x)$ et $g(x)$ deux fonctions continues pour $x \geqq 0$. Si $\int_0^x f(t)\,g(x-t)\,dt = 0$ pour toutes les valeurs positives de x, l'une au moins des deux fonctions $f(x)$ et $g(x)$ est identiquement nulle pour $x \geqq 0$.*

La démonstration du théorème repose sur la transformation de Laplace et une propriété des fonctions holomorphes que nous croyons nouvelle.

Transformation de Laplace. — $\varphi(x)$ étant une fonction continue pour $a \leqq x \leqq \mathrm{A}$, on pose

$$\Phi(s) = \int_a^{\mathrm{A}} e^{-sx}\,\varphi(x)\,dx.$$

$\Phi(s)$ est une fonction entière de $s = \sigma + i\tau$ qui satisfait à

$$|\Phi(s)| < \mathrm{K}\,e^{-\sigma a} \quad \text{pour} \quad \sigma \leqq 0,$$

K étant une constante. En particulier, $|\Phi(s)| < \mathrm{K}$ pour $\sigma = 0$; on démontre même, comme il est bien connu, que $\Phi(s) \to 0$ quand $\sigma = 0$, $\tau \to \pm\infty$.

Si $|\Phi(s)| < \mathrm{K}_1\,e^{-\sigma\alpha}$ pour $\sigma \geqq 0$, α étant une constante comprise entre a et A, on a nécessairement $\varphi(x) \equiv 0$ pour $a \leqq x \leqq \alpha$.

En effet,

$$\Phi_1(s) = \int_a^{\alpha} e^{-sx}\varphi(x)\,dx$$

satisfait à $|\Phi_1(s)| < \mathrm{K}_2\,e^{-\sigma\alpha}$ pour $\sigma \geqq 0$. En mettant $\Phi_1(s)$ sous la forme

$$\Phi_1(s) = \Phi(s) - \int_{\alpha}^{\mathrm{A}} e^{-sx}\,\varphi(x)\,dx,$$

on voit que $|\Phi_1(s)| < \mathrm{K}_3 e^{-\sigma\alpha}$ pour $\sigma \geqq 0$. La fonction entière $\Phi_1(s)\,e^{s\alpha}$, bornée

---

[1] Séance du 3 novembre 1947.

dans tout le plan, se réduit à une constante; comme elle tend vers zéro quand $\sigma = 0$, $\tau \to \pm\infty$, cette constante est nulle. Donc $\Phi_1(s) \equiv 0$ et, par conséquent, $\varphi(x) \equiv 0$ pour $a \leqq x \leqq \alpha$, d'après une propriété classique de l'intégrale de Laplace.

Propriété des fonctions holomorphes. — *Soit* $F(z)$ *une fonction de la variable* $z = x + iy$, *holomorphe dans le demi-plan* $x > 0$, *continue et bornée supérieurement en module sur la droite* $x = 0$, *prenant des valeurs réelles pour les valeurs réelles de la variable et satisfaisant à*

$$\varlimsup_{\rho \to \infty} \frac{\log M(\rho)}{\rho^2} \leqq 0 \quad \text{avec} \quad M(\rho) = \max_{|z|=\rho} |F(z)|.$$

Soit $G(z)$ *une fonction jouissant des mêmes propriétés. Si le produit* $F(z)G(z)$ *a son module borné supérieurement dans le demi-plan* $x \geqq 0$, *il en est de même de l'une au moins des fonctions* $F(z)$ *et* $G(z)$.

En effet, si $F(z)$ n'est pas bornée en module, il existe dans le demi-plan $x \geqq 0$ une courbe C, issue de $z = 0$, s'éloignant à l'infini et le long de laquelle $F(z) \to \infty$ et, par conséquent, $G(z) \to 0$. La courbe C découpe le demi-plan en deux domaines; dans l'un deux, D, la fonction $G(z)$ est bornée en module (1). Il en est de même dans le domaine D′ symétrique de D par rapport à Ox, domaine qui est limité par la courbe C′, symétrique de C. Si $G(z)$ n'est pas bornée en module, il existe, dans le demi-plan $x \geqq 0$ et à l'extérieur des domaines D et D′, une courbe Γ, issue de $z = 0$, s'éloignant à l'infini et le long de laquelle $G(z) \to \infty$ et, par conséquent, $F(z) \to 0$. Cette courbe Γ découpe le demi-plan en deux domaines et dans l'un deux la fonction $F(z)$ est bornée en module (2). Nous arrivons ainsi à une contradiction, puisque ce domaine contient soit la courbe C, soit la courbe C′, le long desquelles $F(z) \to \infty$. L'une au moins des fonctions $F(z)$ et $G(z)$ est donc bornée en module.

Démonstration du théorème. — *Posons*

$$F(s) = \int_0^{x_0} e^{-sx} f(x)\, dx, \qquad G(s) = \int_0^{x_0} e^{-sx} g(x)\, dx.$$

On a

$$F(s)\,G(s) = \iint e^{-s(x+y)} f(x) g(y)\, dx\, dy = \int_0^{2x_0} e^{-su} h(u)\, du,$$

$h(u)$ étant égal à

$$\int_0^u f(x) g(u-x)\, dx = 0 \quad \text{pour} \quad 0 \leqq u \leqq x_0;$$

$$\int_{u-x_0}^{x_0} f(x) g(u-x)\, dx \quad \text{pour} \quad x_0 \leqq u \leqq 2x_0.$$

Il en résulte que $|F(s)G(s)| < K_4 e^{-\sigma x_0}$ pour $\sigma \geqq 0$.

(2) D'après les travaux de M. Lars Ahlfors.

Introduisons alors les constantes ξ_0 et ξ'_0 respectivement bornes supérieures des nombres k et k' tels que $|F(s)e^{ks}|$ et $|G(s)e^{k's}|$ soient bornés pour $\sigma \geqq 0$. Les nombres ξ_0 et ξ'_0 sont positifs ou nuls et l'on est nécessairement dans l'un des trois cas suivants : *a*. $\xi_0 \geqq x_0$; *b*. $\xi'_0 \geqq x_0$; *c*. $\xi_0 + \xi'_0 \geqq x_0$; car, sinon, en choisissant ε positif assez petit, on aurait

$$|F(s)e^{(\xi_0+\varepsilon)s}G(s)e^{(\xi'_0+\varepsilon)s}| < K \quad \text{pour} \quad \sigma \geqq 0;$$

une au moins des deux fonctions $F(s)e^{(\xi_0+\varepsilon)s}$ et $G(s)e^{(\xi'_0+\varepsilon)s}$ serait bornée, ce qui est en désaccord avec la définition de ξ_0 et ξ'_0. D'où le théorème.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Note sur la notion d'ordre à grande distance appliquée aux distributions de vitesses dans les liquides.* Note de M. **Jacques Winter.**

Dans l'étude des surstructures dans les alliages à deux constituants [1], on introduit la notion d'ordre : on considère, par exemple, un réseau cubique occupé par des atomes d'or et de cuivre en nombres égaux. Ces atomes alternent régulièrement. Une position géométriquement donnée dans le réseau doit donc être occupée par un atome de nature déterminée. Le degré d'ordre mesure la probabilité de trouver l'atome requis à une position donnée, et non pas un atome de nature différente. La théorie des surstructures fait intervenir une énergie potentielle, fonction du degré d'ordre existant dans le réseau de l'alliage.

La question s'est posée de savoir si cette notion de degré d'ordre pouvait être définie à grande distance (par exemple sur des intervalles de l'ordre de 10^8 mailles du réseau), ou si elle n'avait de sens que dans un domaine limité, et s'estompait, en quelque sorte, lorsqu'on s'éloignerait d'un point donné, l'ordre des alternances cuivre-or pouvant ainsi se permuter, après un parcours suffisamment grand.

M. Van der Waerden [2] a tranché cette question. Il a montré que, s'il existait un potentiel entre éléments voisins, tendant à favoriser les alternances (la substitution d'une alternance à une suite de deux atomes identiques diminuant l'énergie potentielle d'une quantité v), il existait certainement pour le réseau envisagé, un état d'ordre à grande distance, pourvu que la température fût inférieure à une valeur critique, fonction de v seule.

Le caractère très général de la démonstration de M. Van der Waerden nous permet de croire qu'elle peut s'étendre à de nombreux autres phénomènes de la physique, où l'existence d'un potentiel favorisant un état d'ordre entre atomes

---

(1) Pour une bibliographie de cette question, voir Nix et Shockley, *Reviews of Modern Physics*, **10**, 1938, p. 1.

(2) *Zeitschrift für Physik*, **118**, 1941, p. 473.

ou molécules voisins, impliquerait au-dessous d'une certaine température critique, l'existence d'un état d'ordre à grande distance. Un tel phénomène est constitué par le passage dans les écoulements liquides, du régime laminaire au régime turbulent, qui se fait à une certaine température critique, dépendant des données physiques et géométriques du système fluide.

Si l'on peut mettre en évidence un potentiel tendant à ordonner les vitesses des molécules voisines, c'est-à-dire à limiter les gradients des vitesses, on comprendra alors, au moins qualitativement et d'une manière simple, un phénomène difficile à interpréter. Or, on peut trouver un tel potentiel, pourvu que l'on adopte les points de vue suivants :

1° On cessera de considérer l'interaction de deux molécules voisines, mais on considérera l'interaction d'un filet de molécules de vitesse $\vec{V}$ avec un filet de molécules, voisin et orienté parallèlement à $\vec{V}$.

2° On se placera du point de vue de la mécanique ondulatoire, et l'on représentera le mouvement du filet de molécule considéré par une certaine fonction propre, et une certaine valeur propre, qui seront perturbées par le potentiel créé par l'autre filet de molécules, parallèle à $\vec{V}$.

La perturbation sera un champ périodique; l'équation d'ondes prendra la forme d'une équation du type de Mathieu ou de Hill. Les états propres d'indices les plus bas représenteront les mouvements avec faible gradient de vitesse (dans les directions perpendiculaires à $\vec{V}$), ceux d'indices élevés les mouvements avec forts gradients de vitesse.

Considérons la table des valeurs propres d'indices croissants, établie pour l'équation de Mathieu [1]. Nous voyons qu'à partir de la cinquième valeur propre, il y a toujours un terme additif, dû à l'existence de la perturbation périodique. D'où augmentation de l'énergie potentielle. Une distribution de vitesses avec fonctions propres d'ordres ≥ 5, nécessite une énergie potentielle plus considérable que si intervenaient seules les fonctions propres d'ordres inférieurs à 5. De plus, cet effet diminue si l'indice croît au delà de 5. Ainsi, l'existence du régime laminaire tiendrait à ce que certaines valeurs propres d'indices ni trop élevés, ni trop faibles, donnent un effet d'ordre. Une élévation de la température pourra rendre cet effet insuffisant. Une multiplication globale des vitesses du système, ou de ses dimensions linéaires, pourra augmenter ou diminuer les gradients des vitesses des filets et changer les indices des valeurs propres associées aux mouvements relatifs des filets les uns par rapport aux autres. L'effet de la température est, *a priori*, clair et conforme à l'expérience. De même, pour des dimensions données, il est clair que des vitesses trop fortes augmentent trop les gradients de vitesse et diminueront l'effet d'ordre. Des

---

[1] Voir Mac Lachlan, *Theory and application of Mathieu functions*, Oxford 1947, p. 16.

vitesses décroissantes feront disparaître l'effet d'ordre, mais les gradients resteront insuffisants pour créer des tourbillons. Une augmentation des dimensions linéaires fera croître les zones de gradients exceptionnels, prévues par la théorie, qui pourront devenir assez grandes pour créer des tourbillons et faire cesser le régime laminaire.

Le point délicat consiste à quantifier le mouvement d'un filet de molécules de longueur macroscopique (une longueur de 1^{cm}, pour une vitesse de 5.10^{-5} cm/sec, acceptable expérimentalement, donnera bien une longueur d'onde de de Broglie de 10^{-8} cm qui correspond à la périodicité du champ). Pour faire un calcul numérique, il faudra faire des hypothèses sur les portions extérieures des champs électrostatiques moléculaires.

CHALEUR. — *Convection forcée de la chaleur à la surface d'un corps de révolution.* Note de MM. **Edmond Brun** et **Marcel Vasseur**, présentée par M. Gustave Ribaud.

1° Soit un corps de révolution placé dans un écoulement permanent et parallèle, à l'infini amont, à l'axe du corps. Un point M de la méridienne est défini par son abscisse curviligne s comptée à partir du point d'arrêt, sa distance à l'axe étant désignée par r_0. Tout point N du plan méridien, voisin de la méridienne, est défini par sa distance y à cette méridienne et par l'abscisse curviligne s au pied de la normale menée par N, sa distance à l'axe étant désignée par r.

Avec des notations évidentes, les équations de la couche limite laminaire s'écrivent

$$(1)\quad \begin{cases} \dfrac{\partial(ru)}{\partial s} + \dfrac{\partial(rv)}{\partial y} = 0 \quad \text{(continuité)}, \\[2mm] \dfrac{\partial p}{\partial y} = 0;\ \rho\left(u\dfrac{\partial u}{\partial s} + v\dfrac{\partial u}{\partial y}\right) = -\dfrac{\partial p}{\partial s} + \dfrac{\partial}{\partial y}\left(\mu\dfrac{\partial u}{\partial y}\right) \quad \text{(écoulement)}, \\[2mm] \rho c_p\left(u\dfrac{\partial \theta}{\partial s} + v\dfrac{\partial \theta}{\partial y}\right) = u\dfrac{\partial p}{\partial s} + \dfrac{\partial}{\partial y}\left(\lambda\dfrac{\partial \theta}{\partial y}\right) + \mu\left(\dfrac{\partial u}{\partial y}\right)^2 \quad \text{(énergie)}, \end{cases}$$

avec les conditions aux limites

$$\begin{array}{llll} y=0, & u=0, & \theta=\theta_p(s) & \text{paroi}, \\ y=\infty, & u=U(s), & \theta=\theta_e(s) & \text{frontière de la couche limite}. \end{array}$$

En désignant par l une longueur caractéristique et connue du corps de révolution, faisons le changement de variables

$$(2)\quad \begin{cases} \bar{s} = \displaystyle\int_0^s \frac{r_0^2}{l^2}\,ds, \\[2mm] \bar{y} = y\,\dfrac{r_0}{l}, \\[2mm] \bar{v} = \dfrac{l}{r_0^2}\left(vr_0 + uy\,\dfrac{dr_0}{ds}\right). \end{cases}$$

Le système précédent se ramène à celui qui régit la couche limite le long d'un cylindre placé dans un écoulement perpendiculaire aux génératrices; $\bar{s}$ est alors l'abscisse curviligne d'un point $\overline{M}$ du profil comptée à partir du point d'arrêt; $\bar{y}$ est la distance au profil d'un point $\overline{N}$ de la couche limite. Les conditions aux limites sont les mêmes pour les deux écoulements avec leurs coordonnées respectives.

2° Le coefficient de convection au point M de la méridienne est défini par l'équation

$$\alpha = \frac{\lambda}{\theta_e - \theta_p}\left(\frac{\partial\theta}{\partial y}\right)_{y=0},$$

tandis que le coefficient au point $\overline{M}$ du profil est défini par

$$\bar{\alpha} = \frac{\lambda}{\theta_e - \theta_p}\left(\frac{\partial\theta}{\partial \bar{y}}\right)_{\bar{y}=0}.$$

La relation entre y et $\bar{y}$ permet d'écrire

$$\alpha = \bar{\alpha}\,\frac{r_0}{l}. \tag{3}$$

Ainsi, le coefficient local de convection α en un point M de la méridienne défini par son abscisse curviligne s est lié, par la relation (3), au coefficient local de convection $\bar{\alpha}$ en un point $\overline{M}$ du profil correspondant défini par une abscisse curviligne $\bar{s}$, égale à s. Le profil de l'écoulement plan qui correspond à la méridienne de l'écoulement de révolution doit satisfaire à la seule condition que les lois de répartition des vitesses potentielles $U(s)$ et $U(\bar{s})$ soient les mêmes le long des deux courbes. Comme on sait déterminer, point par point, la convection le long d'un profil lorsqu'on se donne la loi de répartition $U(\bar{s})$ (méthode d'Eckert, par exemple), on pourra, par cela même, connaître la convection le long d'une méridienne.

3° Quand on se rapproche indéfiniment du point d'arrêt du corps de révolution, U et s tendent simultanément vers zéro, leur rapport tendant, généralement, vers une valeur finie U_1/s_1.

Dans le cas où le plan tangent au corps de révolution est, au point d'arrêt, perpendiculaire à l'axe, on peut écrire, au voisinage de ce point,

$$s = l^{\frac{2}{3}}(3\bar{s})^{\frac{1}{3}} \qquad (r_0 = s) \tag{4}$$

et, par suite,

$$U = \frac{U_1 l^{\frac{2}{3}}}{s_1}(3\bar{s})^{\frac{1}{3}}. \tag{5}$$

Ceci montre que le cylindre correspondant à un corps de révolution dont le

bord d'attaque est arrondi est, au voisinage du point d'arrêt, un dièdre dont le rectiligne est $\pi/2$.

Son coefficient local de convection est, en supposant μ et ρ constants,

$$\overline{\alpha} = 0{,}47\,\lambda\sqrt{2\frac{U_1}{s_1}\frac{\rho}{\mu}}\left(\frac{l}{3s}\right)^{\frac{1}{3}}.$$

Le coefficient local de convection au voisinage du point d'arrêt du corps de révolution [1] est donc, d'après (3) et (5),

$$\alpha = 0{,}664\,\lambda\sqrt{\frac{U_1}{s_1}\frac{\rho}{\mu}}.$$

En particulier, au voisinage du point d'arrêt d'une sphère de rayon a, placée dans un écoulement dont la vitesse à l'infini amont est U_0,

$$\alpha = 0{,}81\,\lambda\sqrt{\frac{U_0\rho}{a\mu}}.$$

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Une méthode de calcul des aberrations de forme des lentilles électrostatiques.* Note [1] de M. **François Bertein**, présentée par M. Camille Gutton.

Soit la pièce centrale S_0 d'un objectif de microscope d'un type précédemment étudié [2]; nous la supposons affectée d'un défaut de forme d'ordre m, $\delta = \delta_m \cos m\theta$: le potentiel correctif associé est $\varphi = \varphi_m \cos m\theta$, déterminé par la condition $\varphi_m = E\delta_m$ le long de S_0 [3]. L'expression de l'aberration optique résultante fait intervenir une fonction $\Phi_m(z)$ déduite du développement de $\varphi_m(rz)$ au voisinage de Oz; la connaissance de l'intégrale $\int \Phi_m dz \left(\int = \int_{-\infty}^{+\infty}\right)$ suffit même dans la pratique, les autres fonctions présentes peuvent être remplacées par des valeurs moyennes. Nous allons voir une méthode de calcul de cette intégrale plus générale qu'un procédé précédemment indiqué [3] concernant $\Phi_m(z)$. *On assimilera ici l'électrode à un hyperboloïde de révolution* de même rayon de gorge R et de même rayon de courbure R' de sa section méridienne dans le plan de symétrie; on posera $R'/R = a$; $a = 1/4$ dans l'application

---

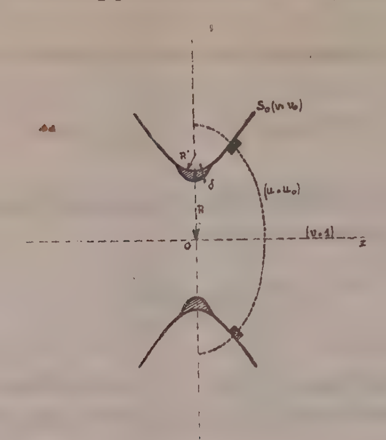
(1) Au point d'arrêt, $\overline{\alpha}$ est infini, r_0 nul et α fini, ce qui est compatible avec la relation (3).

(1) Séance du 27 octobre 1947.

(2) Bruck, *Cahiers de Physique*, 24, 1944, p. 15.

(3) F. Bertein, *Comptes rendus*, 224, 1947 (2 notes); *Annales de Radioélectricité*, 11 octobre 1947.

[(1), lentille VIII]. Cette approximation est justifiée par les résultats.



Plaçons-nous en coordonnées elliptiques $uv\theta$ définies à partir des coordonnées cylindriques par

$$r = c\sqrt{(1+u^2)(1-v^2)},$$
$$z = cuv,$$
$$(-\infty \leq u \leq +\infty, \quad 0 \leq v \leq 1)$$

et telles que S_0 soit la surface $v = v_0$ $\left(v_0 = \sqrt{a/(1+a)},\ c = R\sqrt{1+a}\right)$.

L'équation régissant φ_m est

$$\text{(1)} \qquad L(0, m, v)\varphi_m - L(0, m, iu)\varphi_m = 0,$$

où l'on pose

$$L(n, m, x)y = \frac{\partial}{\partial x}\left[(1-x^2)\frac{\partial y}{\partial x}\right] + \left[n(n+1) - \frac{m^2}{1-x^2}\right]y.$$

Multiplions par une fonction $f_m(u)$: on montre que (1) s'écrit alors

$$\text{(2)} \qquad L(n, m, v)(f_m\varphi_m) + \frac{\partial}{\partial u}\left(g_m\frac{\partial\varphi_m}{\partial u} + h_m\varphi_m\right) = 0,$$

à condition de prendre $f_m(u) = P_n^m(iu)$, $Q_n^m(iu)$ où P_n^m et Q_n^m sont les symboles des fonctions de Legendre de première et deuxième espèce (4).

Intégrons (2) par rapport à u (v fixe), de $-\infty$ à $+\infty$; d'après l'étude du comportement des fonctions intéressées à l'infini, le deuxième terme donne une contribution nulle, du moins si l'on prend $n < m$ et il reste ainsi une équation de Legendre en $\int f_m\varphi_m du$ dont nous écrivons la solution

$$\text{(3)} \qquad \int \left.\begin{matrix} P_n^m(iu) \\ Q_n^m(iu) \end{matrix}\right\} \varphi_m du = kP_n^m(v).$$

(4) Magnus et Oberhettinger, *Formeln u. Sätze*, Springer, 1943.

[Les conditions de régularité pour $v=1$ éliminent les fonctions de deuxième espèce $Q_n^m(v)$].

Exprimons (3) pour $v=v_0$ (surface S_0) et $v=1-\varepsilon$ (voisinage de Oz) : les résultats rappelés plus haut permettent de faire intervenir respectivement les fonctions $E\delta_m$ et Φ_m, d'où résulte par élimination de k entre les deux équations obtenues

$$\int P_n^m\left(i\frac{z}{c}\right)\left(1+\frac{z^2}{c^2}\right)^{\frac{m}{2}}\Phi_m\,dz=\frac{1}{2c^{m-1}P_n^m(v_0)}\int P_n^m(iu)\,E\,\delta_m\,du,$$

mêmes relations avec

$$Q_n^m\left(i\frac{z}{c}\right),\qquad Q_n^m(iu),$$

formules valables pour tout écart $\delta_m\cos m\theta$ limité; elles fournissent un certain nombre d'intégrales permettant de préciser $\Phi_m(z)$ et dont celle qui nous occupe ici est obtenue en faisant intervenir

$$(4)\qquad n=m-1,\quad Q_{m-1}^m\left(i\frac{z}{c}\right)=\left(1+\frac{z^2}{c^2}\right)^{-\frac{m}{2}},$$

$$\int\Phi_m\,dz=\frac{1}{2c^{m-1}P_{m-1}^m(v_0)}\int\frac{E\delta_m\,du}{(1+u^2)^{\frac{m}{2}}}.$$

Cette formule montre la décroissance en $(1+u_0^2)^{-m/2}\sim r_0^{-m}$ de l'action optique d'un écart localisé en $u_0(r_0)$.

Dans le cas déjà étudié d'un δ d'ordre 2 limité à l'ouverture de S_0 ([2]), (4) donne la limite de résolution associée : $\varpi_2=5\delta_{\max}\alpha$; dans le cas d'un δ d'ordre 3 et de même profil, on trouve de même la limite $\varpi_3=30\delta_{\max}\alpha^2$ (α ouverture des faisceaux) ($a=1/4$). On voit en particulier que si $\alpha=10^{-3}$, le défaut d'ordre 3 doit être environ 200 fois plus accusé que celui d'ordre 2 pour jouer un rôle optique de même importance.

PHOTO-ÉLECTRICITÉ. — *Équation de la courbe $I=f(N)$ reliant le flux lumineux reçu par les compteurs de photons et le nombre de décharges enregistrées.* Note ([1]) de Mme **Solange Lormeau**, présentée par M. Louis Hackspill.

Nous avons tracé un grand nombre de caractéristiques pour des compteurs à cathode de CuI ou de Mg, à atmosphère d'alcool ou d'argon, à la pression de 8mm de mercure. Les décharges ont été enregistrées par un compteur téléphonique branché à la sortie de l'amplificateur. Les caractéristiques, obtenues en faisant varier le flux à l'aide de diaphragmes ou en modifiant l'intensité de la source lumineuse (tube de Chalonge), ne sont pas des droites.

---

(1) Séance du 27 octobre 1947.

(2) J. Mattler, *Comptes rendus*, 220, 1945, pp. 171-173.

Si l'on effectue la correction due au temps mort du totalisateur, on redresse la courbe qui reste néanmoins nettement incurvée (²).

Étant donnée l'allure parabolique de la courbe après correction, nous avons cherché à vérifier une équation de la forme $I = aN + bN^2$, avec une constante b faible, de sorte qu'au début de la courbe le terme bN^2 est négligeable et l'on a sensiblement une droite. Quand le nombre de décharges devient grand, il intervient.

a représente sensiblement la pente de la courbe à l'origine et est donc connu.

Considérons le rapport $b/a = (I/a - N)/N^2$ et calculons-le pour chaque valeur de I et de N.

On constate qu'il est très sensiblement constant et que la formule $I = aN + bN^2$ donne une bonne approximation (³).

On a vérifié cette équation pour un grand nombre de décharges (10000 à la minute). L'erreur maximum commise en l'employant pour calculer l'intensité est au plus de 10 % ; tandis que si l'on applique une relation linéaire elle atteint 60 % et même davantage lorsque l'intensité est multipliée par 140.

Pour des courbes dont les pentes ne sont pas trop faibles (de l'ordre de 1/10, ce qui correspond à la généralité des cas), le rapport b/a varie peu d'une courbe à l'autre, et même d'une cellule à l'autre :

$0{,}001 < b/a < 0{,}004$ pour les courbes étudiées, b est un coefficient très faible, de l'ordre de 1/10000 en général.

Pour une grande sensibilité, par conséquent une pente faible à l'origine, la courbe reste sensiblement une droite quand I varie de 1 à 10 malgré le grand nombre de décharges, car dans le cas où a est faible, b devient très petit.

On constate cependant que le rapport b/a n'est pas rigoureusement constant le long d'une courbe, mais croît légèrement quand I prend des valeurs de plus en plus grandes.

On s'est donc demandé si la formule $a'N + b'N^2$ n'était pas le début d'un développement en série, celui de $C(a^N - 1)$

$$a^N = 1 + \mathrm{L}a\,N + \frac{(\mathrm{L}a)^2}{2} N^2 + \ldots,$$

$$C(a^N - 1) = C\mathrm{L}a\,N + C\frac{(\mathrm{L}a)^2}{2} N^2 + \ldots$$

$$= a'N + b'N^2 + \ldots$$

avec

$$a' = C\mathrm{L}a, \quad b' = \frac{C(\mathrm{L}a)^2}{2} = \frac{a'\mathrm{L}a}{2}.$$

Connaissant sensiblement a' et b', on a déterminé a et calculé C pour diverses valeurs de l'intensité. On a trouvé que C était une constante. En

(³) Cette équation $I = aN + bN^2$ est valable dans les conditions de bon fonctionnement de la cellule, c'est-à-dire une pression de 8^{mm} de mercure et une résistance convenable de l'ordre de 500Ω dans le circuit du compteur.

calculant I d'après cette nouvelle formule, on obtient une courbe qui se rapproche davantage de la courbe expérimentale.

Par exemple, pour une des courbes obtenues on a

$I_{exp.}$	I_{calc} d'après $I = C(a^N - 1)$.	
10	10,1	
20	21	
40	42,4	erreur max. 6 %
50	52,4	
80	82,2	
100	101,4	
140	139,6	

Nous avons constaté que l'incurvation de la courbe dépendait de la valeur absolue de l'intensité de la source lumineuse, de la longueur d'onde et de la tension ([4]). D'où la difficulté pratique de se servir d'un photocompteur pour mesurer un flux lumineux.

Pour éviter à chaque fois de tracer une caractéristique corrrespondant aux conditions expérimentales, on a essayé de rendre la courbe rectiligne en interposant dans la partie large du faisceau lumineux des écrans constitués par des grilles de cuivre noirci réduisant l'intensité lumineuse dans un même rapport pour toutes les longueurs d'onde.

On a préalablement étalonné ces grilles à l'aide d'une pile photoélectrique et d'un galvanomètre Zernicke.

On a effectivement tracé des droites en interposant des écrans d'absorption croissante à mesure que l'intensité croît, de façon que le nombre de décharges n'augmente sensiblement pas.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Les réactions nucléaires aux grandes densités* ([1]). Note ([2]) de M. **Evry Schatzman.**

Lorsque la densité d'un milieu stellaire où se produisent des réactions nucléaires croît, la vitesse de réaction (nombre de réactions par seconde et par centimètre cube) croît tout d'abord proportionnellement au carré de la densité, mais pour les densités élevées, supérieures par exemple à 1000 g/cm³, la vitesse de réaction croît beaucoup plus vite, en raison de l'amincissement de la barrière de potentiel.

([4]) S. Lormeau, *Comptes rendus*, 225, 1947, pp. 453-455.

([1]) Un Mémoire détaillé est à paraître au *Journal de Physique et le Radium*.

([2]) Séance du 3 novembre 1947.

On utilise les variables usuelles

$$(1)\qquad \begin{cases} x = \left(\dfrac{32\pi^2}{3}\right)^{\frac{2}{3}} Z^{\frac{1}{3}} \dfrac{2me^2}{h^2} r, \\ \varphi = \dfrac{1}{Ze} r \left(\Phi + \dfrac{\varepsilon_e}{e}\right). \end{cases}$$

L'équation de Poisson décrivant le potentiel se ramène à l'équation usuelle

$$(2)\qquad \frac{d^2\varphi}{dx^2} = x^{-\frac{1}{2}} \varphi^{\frac{3}{2}}.$$

Si l'on suppose la densité électronique constante, la fonction φ peut être représentée par une solution approximative

$$(3)\qquad \varphi = 1 + \left(b^2 \sqrt[3]{9} - \frac{3}{2} b\right) x + \frac{b^3}{2} x^3.$$

Cette solution est sûrement une approximation suffisante quand $\varphi > [5,997]$ A. A cette approximation l'énergie potentielle est

$$(4)\qquad E = \frac{Z_1 Z_2 e^2}{r_E} \left(1 - \frac{3}{2} \frac{r_E}{r_0} + \frac{r_E^3}{r_0^3}\right),$$

r_0 étant le rayon de la sphère contenant en moyenne Z_2 électrons.

Pour calculer le nombre total de chocs utiles, nous devons utiliser une expression de la probabilité de franchissement de la barrière de potentiel. r_E désignant la distance classique d'approche de deux noyaux d'énergie cinétique totale E, on peut montrer qu'une approximation suffisante de la probabilité est

$$(5)\qquad G = \exp\left\{ \frac{8\pi e \sqrt{2\overline{m} Z_1 Z_2 r^*}}{h} - \frac{2\pi^2 e \sqrt{2\overline{m} Z_1 Z_2 r_E}}{h} \right\}.$$

Le calcul du nombre de réactions fait intervenir l'intégrale

$$(6)\qquad \int_0^\infty e^{-\frac{E}{kT}} e^{-\frac{2\pi^2 e}{h}\sqrt{2\overline{m} Z_1 Z_2 r_E}}\, dE$$

que nous calculons en utilisant un gaussien au voisinage du maximum de l'exposant. En prenant comme nouvelle variable

$$(7)\qquad x = \left(\frac{8h^2 e^2 Z_2}{3\pi^3 \overline{A} k^2 H^2} \frac{\rho}{\mu T^2}\right)^{\frac{1}{3}} = [2,415]\left(\frac{\rho}{\mu T^2}\right)^{\frac{1}{3}} \quad \left(\begin{matrix}\text{valeur numérique}\\ \text{pour } H^1,\ N^{14}\end{matrix}\right),$$

on peut écrire le nombre de réactions par centimètre cube et par seconde sous

une forme voisine de la forme usuelle [3]

$$(8) \qquad N = \frac{4}{3^{\frac{5}{2}}} \frac{\rho^2 c_1 c_2}{m_1 m_2} \frac{\Gamma}{\hbar} a r^{*2} e^{4\left(\frac{2r^*}{a}\right)^{\frac{1}{2}}} \tau''^2 e^{-\tau'},$$

où τ'' et τ' sont liés à τ et x. On en déduit que la réaction se déroule A fois plus vite que ne l'indique la relation usuelle [3] et l'on a

$$(9) \qquad A = f_1(x) e^{\tau f_2(x)},$$

où f_1 et f_2 sont des fonctions compliquées de x données par une table. Nous appelons A *facteur d'accélération*. Il est possible, à l'aide de ce résultat, de calculer l'accélération de quelques vitesses de réactions. Si l'on considère la réaction

$$(10) \qquad C_{12} + H_1 = N_{13} + \ldots,$$

qui se produit dans les étoiles, on trouve qu'à la température de $4,7 \cdot 10^6$ degrés, le facteur A prend les valeurs suivantes :

$\log \rho =$	5,10	6,10	7,10
$\log A =$	5,06	9,87	16,01

Il ressort de ce résultat que la luminosité observée pour Van Maanen 2 est incompatible avec le rayon de cette étoile tel qu'il est indiqué par Kuiper. En effet, à ce rayon correspondrait une couche de mélange assez profonde, donc assez dense (de l'ordre de 10^6 g/cm^3). A cette densité, la vitesse de réaction serait telle qu'elle produirait un débit d'énergie au moins 10^8 fois plus grand que celui observé. Il faut donc conclure, indépendamment de toute hypothèse, sur la probabilité de la réaction

$$(11) \qquad H_1 + H_1 = D_2 + e_+,$$

à une très faible épaisseur de la couche d'hydrogène de Van Maanen 2.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Synthèse de silicates de nickel, magnésium et cobalt, présentant des structures du type kaolinite-antigorite*. Note [1] de Mlle **Jacqueline Longuet**, présentée par M. Paul Lebeau.

Par chauffage en présence d'eau dans un tube scellé en pyrex, l'hydroxyde de nickel précipité se transforme en un composé nouveau, dont le diagramme de rayons X est entièrement différent de celui de l'hydroxyde initial. Cette

---

([3]) *Phys. Rev.*, **55**, 1937, p. 434.

([1]) Séance du 3 Novembre 1946.

transformation a été observée à 120°, 135°, 150°, 200°, 250° et 275°. Elle est totale après 72 heures à 200°, ou après 15 jours à 150°, ou encore après 1 mois à 135°. Le diagramme appartient au même type que celui de la kaolinite. Quoique élargies en raison de la petitesse des particules, les principales raies permettent de mesurer les équidistances données dans la troisième colonne du Tableau; on pourra les comparer avec celles que nous avons obtenues dans les mêmes conditions avec un échantillon de kaolinite (deuxième colonne du tableau). Nous donnons dans la première colonne les équidistances que J. W. Gruner (2) attribue à cette dernière. Ceci conduit à penser que l'on est en présence d'une antigorite à base de nickel, dont la synthèse s'est effectuée à partir de l'hydroxyde de nickel et de la silice provenant du verre, qui se montre en effet fortement attaqué. Différents recuits, d'une durée de 48 heures, effectués à des températures n'excédant pas 600°, n'ont pas modifié le diagramme du composé; à 1000° par contre on assiste à une décomposition du silicate. La réaction de formation est favorisée par l'état de gel où se trouve l'hydroxyde de nickel précipité; si l'on dessèche ce dernier à l'étuve avant de le chauffer en tube scellé dans l'eau, la réaction est seulement partielle à 200°.

W. Feitknecht (3) a signalé un cas similaire, mais nos expériences donnent lieu à une réaction totale, alors que la phase solide obtenue par Feitknecht est constituée par un mélange de silicate de nickel et d'hydroxyde non transformé.

D'autre part, nous pensons pouvoir proposer pour ce composé la formule $3NiO\,2SiO_2\,2H_2O$ (A), différente de celle proposée par Feitknecht, $5NiO\,8SiO_2\,8H_2O$ (B). Notre formule (A) est déduite directement de celle de la kaolinite $Al_2Si_2O_5(OH)_4$, en remplaçant les atomes d'aluminium par ceux de nickel et en équilibrant les charges : $Ni_3Si_2O_5(OH)_4$; tandis que la formule (B) ne correspond pas à la structure de la kaolinite. Par ailleurs, les résultats des analyses effectuées sur différents échantillons seraient en accord avec la formule (A), si nous admettons avoir affaire à ce silicate A et à un excès d'environ 10 % de silice libre; celle-ci serait évidemment amorphe, étant donnée la température de la réaction, et ne saurait être décelée sur le cliché de Debye-Scherrer. Si l'on adopte la formule (B) de Feitknecht, il faudrait supposer, d'après les résultats des analyses, que nous avons environ 20 % d'hydroxyde de nickel libre; mais alors il serait certainement révélé par son diagramme X, très probablement déjà sur les échantillons préparés à 150° ou 200° et en tout cas après recuit du produit à 600°. Or, à cette température,

(2) *Z. Krist.*, **83**, 1932, p. 75.
(3) *Helv. Chim. Acta*, **25**, 1942, p. 1543.

le diagramme du silicate faiblit, mais aucune raie de $Ni(OH)_2$ n'apparaît. La formule $Ni_3Si_2O_5(OH)_4$ nous paraît donc plus vraisemblable.

On pouvait penser que cette synthèse d'une antigorite à base de nickel était facilitée par la structure en feuillets de l'hydroxyde de nickel, et que l'on obtiendrait probablement des réactions analogues avec d'autres hydroxydes ayant des structures du même type. En effet, des essais effectués sur l'hydroxyde de Mg dans les mêmes conditions ont permis d'obtenir une argile à base de magnésium, voisine de l'antigorite dont E. Aruja (4) a donné la structure, et présentant des raies de Debye dont les équidistances sont données dans le tableau. On peut comparer ces équidistances avec celles que nous a données un échantillon d'antigorite provenant d'Antigorio. Ce résultat est à rapprocher de ceux que H. Stresse et U. Hoffmann (5) obtiennent à partir de chlorure de magnésium, de silice et de potasse. Nous avons également pu préparer un silicate de cobalt analogue, à 230°, en partant de l'hydroxyde précipité. Le corps obtenu donne des raies de Debye assez fines. Les équidistances de ces différents silicates sont données dans le tableau ci-après.

Distances réticulaires données en angströms.

Kaolinite		Silicate			Antigorite	
(Gruner).	(*d* mesurés).	de nickel.	de cobalt.	de magnésium.	(Aruja).	(Antigorio).
7,15	7,22	7,35	7,26	7,61	7,26	7,30
4,37	4,44	4,52	4,67	4,53	4,62	4,61
3,57	3,58	3,58	3,61	3,64	3,63	3,64
2,58	2,57	2,65	2,86	–	2,69	–
–	–	2,51	2,54	2,54	2,49	2,54
2,34	2,35	2,16	2,16	2,14	2,14	2,17
2,00	2,01	–	2,02	–	–	–
1,67	1,68	1,72	1,78	1,71	–	1,78
1,49	1,50	1,52	1,52	1,54	1,54	1,56 1,57
1,30	1,31	1,30	1,43	1,33	–	1,33

Cette méthode de synthèse de certaines argiles, à partir d'hydroxydes présentant une structure en feuillets, pourrait être appliquée à la préparation de catalyseurs, se rapprochant de ceux que l'on obtient par recuit de l'hydroxyde de nickel sur support de diatomées, utilisés par J. J. de Lange et G. H. Visser (6); mais dans ce dernier cas la réaction a lieu à 500° et en l'absence d'eau. Nous

(4) *Min. Mag.*, 27, 1945, p. 65.
(5) *Z. anorg. Chem.*, 247, 1941, p. 65.
(6) *De Ingénieur*, 58, 1946, p. 24.

pensons que dans notre cas, la synthèse a pu se faire à une température notablement plus basse grâce à la présence de l'eau. C'est un exemple de ce fait que l'on peut rapprocher de ceux que nous avons signalés antérieurement ([7]).

CHIMIE. — *Sur une systématique des complexes de Biot-Gernez.* Note ([1]) de Mlle **Geneviève Sutra**, présentée par M. Paul Pascal.

I. J.-B. Biot (1837) a découvert que l'activité optique de l'acide tartrique subit une augmentation considérable quand on ajoute de l'acide borique à sa solution ([2]). D. Gernez (1887) trouva des variations beaucoup plus importantes en ajoutant du molybdate d'ammonium ([3]). Ces phénomènes ont été étudiés en particulier par E. Darmois et ses élèves et s'expliquent par l'existence d'ions complexes négatifs contenant un oxyde acide tel que MoO_3 et un corps actif possédant deux groupes OH voisins. Darmois a proposé de les appeler complexes de Biot-Gernez; une tentative de systématique a été faite en 1927 ([4]). Comme le noyau du complexe peut renfermer plusieurs atomes métalliques, la mesure du poids moléculaire est indispensable; elle a été effectuée pour ses sels de Na dans SO_4Na_2, 10 H_2O au point de transition. On trouve ainsi, pour les complexes molybdomaliques isolables, une formule avec $4MoO_3$ pour le complexe droit et MoO_3 pour le gauche.

Les complexes de Biot-Gernez sont du type imparfait ([5]) et plus ou moins dissociés en leurs composants. On arrive à une systématique satisfaisante en admettant que le centre du complexe est un *anion* polyatomique; les liaisons avec les molécules attachées sont du type hydrogène; elles s'expliquent par *la mise en commun de 2 protons* pour chaque molécule coordonnée. Comme l'ont montré toutes les recherches, la liaison H est de nature électrostatique; on s'explique ainsi de suite quelques propriétés des complexes de Biot-Gernez : formation instantanée à partir des composants, nature imparfaite du complexe, spectre Raman identique à celui des composants, éventuellement modifié par le blocage de certaines liaisons.

Les composés lévogyres du type MoO_3 (2 acide malique) seraient bâtis autour de l'ion MoO_4^{--}, deux des atomes O de l'ion étant liés aux 2 OH voisins de la molécule par une liaison H. La charge de l'ion complexe ainsi formée est

([7]) *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 577.

([1]) Séance du 27 octobre 1947.

([2]) *Mém. de l'Académie*, **16**, 1837, p. 229.

([3]) *Comptes rendus*, **104**, 1887, p. 783.

([4]) *Bull. Soc. Chim. Belgique*, **36**, 1927, p. 64.

([5]) Voir par exemple l'exposé de J.-P. Mathieu. *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 1938, p. 725.

celle même de MoO_4^{--} si la molécule liée n'est pas ionisée, comme dans

$$\left[\begin{array}{c} COOH.CHOH.CH_2.COOH \\ \diagdown \quad \diagup \\ MoO_4 \\ \diagup \quad \diagdown \\ COOH.CHOH.CH_2.COOH \end{array}\right]Na_2.$$

Si la molécule liée est ionisée, ce qui a lieu dans un milieu de pH plus élevé, la charge augmente, comme dans

$$\left[\begin{array}{c} COOH.CHOH.CH_2.COO \\ \diagdown \quad \diagup \\ MoO_4 \\ \diagup \quad \diagdown \\ COOH.CHOH.CH_2.COO \end{array}\right]Na_4.$$

Les complexes dextrogyres du type $4MoO_3$ (2 acide malique) seraient bâtis de même autour d'un ion bivalent $Mo_4O_{13}^{--}$, avec ionisation de la molécule d'acide malique suivant le schéma

$$\left[\begin{array}{c} COOH.CHOH.CH_2.COO \\ \diagdown \quad \diagup \\ Mo_4O_{13} \\ \diagup \quad \diagdown \\ COOH.CHOH.CH_2.COO \end{array}\right]Na_4.$$

Les complexes de l'acide borique avec les diols non acides renfermeraient l'ion BO_2^-; ils seraient du type $[BO_2(OH)_2R]H$, acide nettement plus fort que l'acide borique. Le virage par la soude a lieu pour la proportion $BO_2:Na$, comme le montre l'expérience pour la mannite. Si le polyol renferme plusieurs groupes de 2OH voisins, une molécule de polyol peut fixer plusieurs BO_2. E. Darmois et Mlle Murgier [6] ont montré que la forme du glucose qui figure dans sa combinaison est du type α-furanique (deux groupes de 2OH voisins, l'un à l'extérieur de l'anneau, l'autre à l'intérieur). Le complexe est donc $[2BO_2C_6H_{12}O_6]Na_2$.

Au contraire, le xylose entre en combinaison sous la forme α (un seul groupe de 2OH), d'où la combinaison $[BO_2C_5H_{10}O_5]Na$.

III. Certains des complexes de Biot-Gernez montrent l'existence d'un pH de stabilité maximum; c'est le cas de tous les complexes analogues : l'émétique et particulièrement du complexe molybdique droit (pH 3,5). Le complexe imparfait est en équilibre avec l'ion Mo_4O_{13} en particulier qui n'est stable que dans un certain intervalle de pH acide. Le pH de stabilité peut être au contraire nettement basique; c'est le cas du composé boromannitique.

IV. Le corps dihydroxylé apporte 2H qui prennent chacun 4 électrons à

---

(6) *Congrès Int. de Chimie*, Rome, 1938.

l'ion central. Cette perte d'électrons rend compte d'une propriété très importante des complexes de Biot-Gernez : l'oxyde qu'ils renferment est souvent beaucoup plus facile à réduire qu'à l'état non combiné; c'est le cas des complexes molybdiques et particulièrement des complexes cupriques (liqueur de Fehling).

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Vérification du principe de Lavoisier sur des graines en voie de germination.* Note de M. **Émile Rinck**, présentée par M. Louis Hackspill.

Dans une Note précédente [1] nous avons montré que la germination de graines de cresson (cresson des jardins) respecte le principe de Lavoisier. En effet, 300^{mg} de graines germant en tube scellé et pesées toutes les 24 heures montraient des variations irrégulières de poids ne dépassant jamais 30^{γ}. Toutefois un doute subsistait. La pesée des tubes à germination étant toujours encadrée par celle de tubes témoins, ceux-ci avaient accusé des variations plus faibles au cours de plusieurs séries d'expériences. L'hypothèse d'une variation systématique de masse des graines en germination ne paraissait pas exclue, cette variation restant inférieure à 1/10000.

Pour trancher la question nous nous sommes efforcé, en premier lieu, d'augmenter la précision des pesées en agissant sur la température de la balance. Nous avons observé, en effet, qu'au cours des opérations celle-ci n'était jamais en équilibre avec la température du laboratoire, elle-même soumise à des variations sensibles (chauffage intermittent de la période d'hiver). La saison étant favorable, nous avons remplacé le chauffage urbain du laboratoire par un chauffage électrique réglé à $21^{\circ} \pm 0^{\circ},2$ C. De plus, la balance étant placée dans une hotte désaffectée, nous y avons installé un chauffage par rayonnement réglé exactement à la même température que la salle. La température de la cage de la balance était alors constante à $0^{\circ},2$ C. près pendant toute la durée des pesées.

En deuxième lieu, nous avons modifié chaque fois l'ordre des pesées des tubes-expériences et des tubes-témoins.

Grâce à ces précautions, les variations de poids des tubes-témoins furent toujours égales à celles des tubes à germination. En outre, l'amplitude de ces variations irrégulières ne dépassait plus jamais 10^{γ}, réduisant ainsi l'erreur relative au tiers de sa valeur précédente. Le principe de Lavoisier se trouve ainsi vérifié à 1/30000 près. La vérification à 1/100000 serait certainement possible avec une balance placée dans une cave isotherme non soumise aux trépidations.

---

[1] *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 835.

MÉTALLURGIE. — *Essai de détermination de la dimension moyenne des particules de cémentite contenues dans les divers constituants d'un acier ordinaire.* Note [1] de M. **Pierre Bortaud**, présentée par M. Paul Pascal.

La méthode de diffusion centrale des rayons X [2] fut appliquée à l'étude des constituants obtenus à partir d'un acier ordinaire contenant 0,8 à 1 % de carbone et particulièrement de la troostite et de la sorbite.

Nous avons d'abord opéré sur des lamelles d'acier amenées à 3 ou 5/100e de millimètre par polissage électrolytique. Les résultats furent négatifs, car la diffusion centrale exige une différence suffisante entre les densités électroniques de la phase dispersée et de la phase ambiante. Or, entre Fe et Fe_3C cette différence n'est que de 5 à 6 % ; on sépara donc les carbures de la ferrite, pour remplacer celle-ci par l'air ambiant, en utilisant un procédé électrolytique dérivé de celui d'Houdremont [3] et mis au point par le laboratoire des Établissements Schneider du Creusot.

Pour s'assurer de la conservation de forme des carbures durant cette opération, un carbure double de fer et de manganèse remarquablement cristallisé de la collection de l'École Centrale, ne donnant aucune diffusion centrale après pulvérisation, fut soumis à cette électrolyse, qui le laissa intact.

Il devenait donc possible d'utiliser le procédé pour la détermination de la dimension des particules de Fe_3C; on opéra sur les constituants suivants :

	Carbone %.
Fe_3C pur théorique	6,7
Perlite globulaire	6,47
Perlite lamellaire à tendance granulaire	6,46
Sorbite grossière	6,82
Troostite fine	7,98
Sorbite fine	6,90

Tous donnent une diffusion centrale, dont l'intensité croît de la perlite globulaire à la sorbite fine. Les troostite et sorbite grossières donnent des phénomènes presque aussi intenses que les fines. La perlite globulaire donne un phénomène très faible. Mais le plus remarquable est qu'une perlite lamellaire fine ait donné, elle aussi, un phénomène relativement intense.

Les courbes $\log(I, \varepsilon^2)$ utilisées dans la diffusion centrale s'écartent beaucoup des droites qui correspondraient à une taille uniforme des particules. Elles montrent une grande hétérogénéité de leur taille, mais le nombre des très petites particules va en croissant suivant l'ordre précité, de la perlite globulaire à la sorbite fine. Dans tous les échantillons, il y a de grosses particules, et s'il n'est pas possible de préciser un rayon moyen de gyration, on constate la

(1) Séance du 27 octobre 1947.

(2) A. Guinier, *Annales de physique*, 11e série, 12, sept. 1939, p. 161.

(3) *Archiv. f. das Eisenh.*, déc. 1941.

présence d'un nombre croissant de particules de rayon de gyration égal à 70 Å. On peut se demander si cette diffusion est due à la présence de particules de Fe_3C, à celle de microcavités ou à celle d'un autre corps en suspension, en particulier du carbone.

L'analyse des carbures utilisés donnant une valeur de C atteignant parfois 7,9 %, un essai fut pratiqué sur le carbure de Fe et Mn précité auquel 3 % de charbon actif très diffusant avaient été ajoutés. Aucune diffusion n'apparaissant, l'hypothèse de la présence de carbone fut rejetée.

Le profil des raies Debye-Scherrer dues à Fe_3C fut étudié au moyen d'une chambre spéciale permettant d'obtenir à la fois la diffusion centrale et la principale raie du spectre. (On reçoit celle-ci sur une petite pellicule placée perpendiculairement au rayon correspondant obtenu par monochromateur et en son point de convergence.) La photométrie montra que les raies sont formées d'une partie fine correspondant à des cristallites assez grosses et d'une base allant en s'élargissant de la perlite globulaire à la sorbite fine. Ceci laisse supposer la présence de microparticules de cémentite et confirme ce que nous disions plus haut.

Les microcavités peuvent résulter de la présence de microparticules, mais leur présence n'élargirait pas la base des raies Debye.

En conséquence il semble probable que la cémentite n'existe vraiment en grosses cristallites que dans les constituants à formation lente comme la perlite globulaire. Par contre, pour les constituants fins, la distribution de la taille des particules est très étendue. Quant à la perlite lamellaire, il semble qu'elle ne constitue pas une suspension de cristallites aussi bien formés que le microscope le montre.

Tous ces essais ont été effectués avec un monochromateur donnant la raie $K\alpha$ du Co, nécessaire pour les composés ferreux. Mais l'appareil utilisé était muni, au lieu d'une anticathode de Co pleine, d'une anticathode de cuivre recouverte d'un dépôt électrolytique très mince de Co. On a pu, ainsi, augmenter notablement la puissance du tube.

Signalons qu'un essai effectué sur la cémentite à 350°, c'est-à-dire au-dessus de la perte de magnétisme, a permis de vérifier que sa structure reste identique à celle qu'elle possède à froid.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude des acides cétoniques : particularités de la réduction de leurs semicarbazones.* Note de MM. **J. Bougault**, **E. Cattelain** et **P. Chabrier**.

L'un de nous et L. Popovici (¹) ont signalé que les semicarbazones des acides α-cétoniques (I) se réduisent normalement sous l'action de l'amalgame

(¹) J. Bougault et L. Popovici, *Comptes rendus*, **189**, 1929, p. 186.

de sodium; elles donnent les acides semicarbazidiques correspondants (II) :

$$R-C\begin{matrix}\diagup COOH \\ \diagdown N-NH-CO-NH^2\end{matrix} \xrightarrow{+H^2} R-CH\begin{matrix}\diagup COOH \\ \diagdown NH-NH-CO-NH^2\end{matrix}$$

(I) (II)

On aurait pu s'attendre à ce que les autres classes d'acides cétoniques (β, γ, etc.) se comportent de même. Il n'en est rien cependant. L'objet de cette Note est précisément de montrer que chaque classe d'acides cétoniques possède, à cet égard, un comportement très nettement différent. Nos expériences n'ont toutefois porté, jusqu'ici, que sur un ou, au plus, deux exemples de chaque classe, ce qui n'autorise pas une généralisation.

1° *Acides β-cétoniques.* — L'exemple choisi a été la semicarbazone de l'acétylacétate d'éthyle (III). On a obtenu un composé (F 215°) qui a été identifié avec la méthyl-3 pyrazolone-5 (IV) :

$$CH_3-\underset{\underset{N-NH-CO-NH_2}{\|}}{C}-CH_2-COOC_2H_5 \xrightarrow[-C_2H_5OH]{-OCNH} \text{(IV)}: CH_2\text{(4)}-C\text{(3)}-CH_3,\ CO\text{(5)},\ N\text{(2)},\ NH\text{(1)}$$

(III) (IV)

Il n'y a pas eu hydrogénation, mais élimination d'une molécule d'acide cyanique, d'une molécule d'alcool, et cyclisation.

2° *Acides γ-cétoniques.* — L'acide benzoylpropionique a été choisi. La semicarbazone (V)

$$C_6H_5-\underset{\underset{N-NH-CO-NH_2}{\|}}{C}-CH_2-CH_2-COOH$$

a fourni, par hydrogénation, un composé (F 166°) assez soluble dans l'eau, ayant perdu son caractère acide, auquel ses propriétés et le dosage de ses éléments permettent d'attribuer la formule (VI) (céto-3 benzyl-6 hexahydropyridazine carbamide-2) ou (VII) (dicéto-3.5 benzyl-8 triaza-1.2.4 cyclo-octane)

(VI) : $C_6H_5-CH<$ cycle : 6, 5 (CH_2), 4 (CH_2), 3 ($>CO$), 2 (N—CO—NH_2), 1 (NH)

(VII) : $C_6H_5-CH<$ cycle : 8, 7 (CH_2), 6 (CH_2), 5 (CO), 4 (>NH), 3 (CO), 2 (NH), 1 (NH)

(VI) (VII)

Ici, il y a eu hydrogénation et cyclisation par déshydratation.

3° *Acide ε-cétonique.* — Les deux exemples suivants ont été retenus : semicarbazone de l'acide lactarinique ou acide céto-6 stéarique (VIII), acide extrait par J. Bougault et G. Charaux [2] de quelques champignons du genre *Lactarius*

([2]) *Comptes rendus*, **153**, 1911, pp. 572 et 880.

Fries, et semicarbazone de l'acide $(d+l)$ pinonique (IX). Dans les deux cas, on obtient l'acide alcool secondaire correspondant : acide hydroxy-6 stéarique (F 84°) et acide $d+1$ pinolique (F 100°).

$$CH_3-(CH_2)_{11}-\underset{\underset{N-NH-CO-NH_2}{\|}}{C}-(CH_2)_4-COOH$$

$$\xrightarrow[+H_2O]{+H_2} CH_3-(CH_2)_{11}-CHOH-(CH_2)_4-COOH + NH_2-CO-NH-NH_2$$

(VIII)

$$\begin{array}{c} CH_3 \diagdown \ \diagup CH_3 \\ C \\ \diagup \ \diagdown \\ CH_3-C-CH \quad CH-CH_2-COOH \\ \| \quad \diagdown \ \diagup \\ NH_2-CO-NH-N \quad CH_2 \end{array}$$

$$\begin{array}{c} CH_3 \diagdown \ \diagup CH_3 \\ C \\ \diagup \ \diagdown \\ \xrightarrow[+H_2O]{H_2} CH_3-CHOH-CH \quad CH-CH_2-COOH + NH_2-CO-NH-NH_2 \\ \diagdown \ \diagup \\ CH_2 \end{array}$$

(IX)

Il y a donc eu, à la fois, hydrogénation et hydrolyse.

CHIMIE ORGANIQUE. — *α-méthyl- et αα'-diméthylcyclohexanols : obtention de cyclanols stéréoisomères par électrolyse.* Note [1] de MM. **Pierre Anziani, André Aubry** et **Raymond Cornubert**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans une précédente Note [2] deux d'entre nous ont indiqué que l'action du bromure d'isobutylmagnésium sur l'αα'-diméthylcyclohexanone avait conduit en particulier à l'alcool secondaire correspondant; cet alcool avait pu être transformé en deux phényluréthanes, l'un F 159° issu de l'alcool F 42° déjà obtenu par de nombreux procédés de réduction de la cétone, l'autre F 102-103° qui avait été présumé être celui correspondant au troisième αα'-diméthylcyclohexanol non isolé jusqu'ici (le deuxième alcool stéréoisomère F 52°,5, très facile à préparer, conduit à un phényluréthane F 132°). Depuis nos publications, Plattner, Fürst et Hellerbach [3] ont décrit les alcools suivants : *a*. F 40°; *b*. F 47°; *c*. liquide, de phényluréthanes respectifs : *a*. F 158°; *b*. F 133-134°; *c*. non décrit, et de 3.5-dinitrobenzoates : *a*. F 134°; *b*. F 168-169°; *c*. F 93°.

Dans le but de posséder une quantité suffisante de matière première et

---

(1) Séance du 3 novembre 1947.

(2) R. Cornubert, P. Anziani, et M. Descharmes, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 358.

(3) Plattner, Fürst et Hellerbach, *Helv. Chim. Acta.*, **30**, 1947, p. 100.

d'atteindre enfin le troisième αα'-diméthylcyclohexanol, nous avons naturellement songé à reproduire l'action du bromure d'isobutylmagnésium sur l'αα'-diméthylcyclohexanone ([4]), mais grande fut notre surprise de ne déceler que le phényluréthane F 159°; la répétition de cette expérience, soit dans les conditions précédentes, soit dans d'autres conditions, n'a plus permis de retrouver le phényluréthane F 102-103° qui, dans notre toute première expérience, avait été le constituant fondamental. Il fallait donc chercher de nouvelles techniques qui, comme précédemment, ont été d'abord essayées sur l'α-méthylcyclohexanone.

La réduction électrolytique a été réalisée avec diverses cathodes. Avec l'α-méthylcyclohexanone, les résultats suivants ont été obtenus : *mercure* et *plomb*, isomère *trans* pur; *nickel*, mélange des isomères *cis* et *trans* dans lequel domine le dérivé *trans*; *cuivre*, isomère *cis* pur; *platine*, pas de réduction. Ainsi, avec la nature de la cathode, la stéricité varie. Mais les résultats, jusqu'ici tout au moins, n'ont pas été aussi intéressants en ce qui concerne l'αα'-diméthylcyclohexanone : avec le *mercure* ou le *plomb* on obtient uniquement l'alcool de phényluréthane F 132°; avec le *nickel* ou le *cuivre* aucune réduction n'a été observée. Ces essais préliminaires vont donner lieu à une étude systématique.

De plus, si la réduction de l'α-méthylcyclohexanone par le système magnésium-alcool méthylique n'a donné que l'isomère *trans*, l'αα'-diméthylcyclohexanone n'a ainsi pas été réduite.

En résumé aucun des divers procédés de réduction directe de l'αα'-diméthylcyclohexanone utilisés ici ou précédemment, n'a permis d'atteindre massivement et de décrire le troisième αα'-diméthylcyclohexanol. Nous pensons pouvoir l'atteindre de la façon suivante. L'alcool F 42° chauffé avec du sodium, est transposable en l'alcool F 52°,5 ([5]); par similitude avec le comportement du *cis*-α-méthylcyclohexanol qui se transforme en l'isomère *trans* dans les mêmes conditions, nous rattachons, au moins provisoirement, ces deux alcools F 42° et F 52°,5 aux structures respectives (I) et (II).

(I)	(II)	(III)
CH_3 OH CH_3 (au-dessus du plan)	CH_3 CH_3 (au-dessus du plan); OH (au-dessous)	CH_3 OH (au-dessus du plan); CH_3 (au-dessous)

L'alcool inconnu serait (III) et relèverait de la cétone *trans*. Partant alors d'une substance connaissant sûrement une position *trans* des groupes méthyle, en l'espèce l'oxime F 118° ([6]), nous l'avons convertie en amine par le sodium et

([4]) Comme pour la première expérience, elle fut préparée par la méthode de Ruzicka, Kohlhaas et Wind.

([5]) R. Cornubert, P. Anziani et P. Hartmann, *Bull. Soc. Chim.*, 1947, p. 402.

([6]) R. Cornubert, P. Anziani, R. André, M. de Demo, R. Joly et P. Robinet, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **12**, 1945, p. 365.

l'alcool absolu, et cette amine a été transformée en alcool par l'acide nitreux. Nous avons ainsi obtenu un $\alpha\alpha'$-diméthylcyclohexanol car, par oxydation, il a fourni l'$\alpha\alpha'$-diméthylcyclohexanone qui a été caractérisée par sa combinaison tétrahydropyronique et par les deux oximes F 79° et F 118°. Le phényluréthane de cet alcool étant resté visqueux pendant des mois, l'alcool a été converti en 3.5-dinitrobenzoate : à côté d'une petite quantité de 3.5-dinitrobenzoate F 166-167°, nous avons isolé le 3.5-dinitrobenzoate F 93-94°. Tous deux se sont révélés identiques à ceux préparés par le Professeur Plattner et ses collaborateurs (7).

Nous avons alors vérifié les rapports existant entre : *a*. l'alcool F 52°,5, le 3.5-dinitrobenzoate F 166-167° et le phényluréthane F 132°; *b*. l'alcool F 42°, le 3.5-dinitrobenzoate F 133-135° et le phényluréthane F 159°. De plus l'hydrolyse du 3.5-dinitrobenzoate F 93° nous a donné un alcool qui a fourni un phényluréthane très visqueux présentant la teneur voulue en azote pour un dérivé de ce type relevant d'un diméthylcyclohexanol.

Nous avons ainsi identifié quatre substances répondant à cette composition : trois solides F 102-103°, F 132°, F 159° et un liquide très visqueux. Aussi cette étude est-elle poursuivie.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'hydrogénation des* bis-*α-pyridones : polyméthylène* bis-*pipéridones et* bis-*aminoacides correspondants*. — Note (1) de MM. **Jean-Albert Gautier** et **Jean Renault**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'un de nous a reconnu (2) qu'en présence de nickel de Raney, le noyau α-pyridone est aisément hydrogéné en cycle α-pipéridone, dès la température et la pression ordinaires. Le même caractère se retrouve chez les *bis*-pyridones (I) dont nous avons décrit récemment (3) la préparation et les propriétés; ces composés fixent $4H_2$ par molécule ($2H_2$ par noyau) en donnant naissance à des *bis*-α-pipéridones de formule générale (II).

O O
N——$(CH_2)_n$——N
(I)

CH_2 CH_2
H_2C CH_2 H_2C CH_2
H_2C CO OC CH_2
N——$(CH_2)_n$——N
(II)

(7) Il en a d'ailleurs été de même de celui spécialement préparé fondant à 133-135°. Des échantillons de ces trois 3.5-dinitrobenzoates nous ont été envoyés par M. le Professeur Plattner.

(1) Séance du 3 novembre 1947.

(2) J. A. Gautier, *Thèse Doctorat* (Sciences), Paris, 1937.

(3) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 682.

L'allure du phénomène est la même que dans les cas des monopyridones. L'absorption de l'hydrogène varie avec le temps de façon linéaire jusqu'à saturation des deux doubles liaisons de chaque noyau; la courbe ne décèle aucun point singulier correspondant à l'hydrogénation de la première liaison multiple; en bref, le noyau se comporte, ici comme dans les mono-pyridones, à la manière d'un système à deux doubles liaisons conjuguées.

Bien que l'hydrogénation puisse être réalisée à la pression atmosphérique, une surpression modérée rend beaucoup plus rapide l'absorption du gaz. Dans la pratique, nous opérons à la température ordinaire et sous des pressions variant de 1 à 20^{kg}; le composé *bis*-pyridonique, mis en solution alcoolique, est additionné de Nickel de Raney fraîchement préparé à partir de l'alliage (poids pour poids de catalyseur pesé humide) et agité sous pression d'hydrogène jusqu'à refus d'absorption. Le métal est alors séparé et lavé à l'alcool : les liqueurs alcooliques réunies sont distillées et abandonnent la *bis*-pipéridone à peu près pure. La purification en est achevée par distillation dans le vide. Les rendements sont théoriques.

Les *bis*-α-pipéridones distillent à l'état huileux et cristallisent par repos; elles sont solubles dans l'eau et dans les solvants organiques usuels, peu solubles dans l'éther de pétrole. Elles s'écartent des *bis*-pyridones correspondantes, qui sont neutres, par leurs propriétés légèrement basiques; leurs dichlorhydrates sont hygroscopiques, mais stables. La particularité la plus remarquable des *bis*-α-pipéridones réside dans leur caractère de dilactames : chacun des deux noyaux de leur molécule est assimilable au cycle lactamique d'un acide δ-aminovalérique, susceptible d'ouverture. De fait, soumises à l'hydrolyse chlorhydrique, ces *bis*-pipéridones donnent naissance aux acides aminés de constitution (III), par rupture des cycles entre l'atome d'azote et le carbonyle.

$$HO.CO(CH_2)_4NH.(CH_2)_nNH(CH_2)_4.COOH. \quad \text{(III)}$$

La *bis*-pipéridone est mise à bouillir pendant 10 heures avec ClH concentré en excès; le dichlorhydrate de l'acide aminé cristallise par refroidissement de la solution chlorhydrique; l'évaporation à sec de celle-ci fournit une nouvelle quantité de chlorhydrate d'acide. On purifie par recristallisation dans l'alcool aqueux. Rt. 90 %. Pour obtenir l'acide aminé libre à partir de son dichlorhydrate, on agite celui-ci en solution aqueuse avec un excès d'oxyde d'argent humide, on filtre le chlorure d'argent, puis on élimine par SH_2 les traces d'argent passées en solution; l'acide libre cristallise par concentration. On le purifie par recristallisation de l'alcool aqueux.

La tendance à la décyclisation de la chaîne fermée pipéridonique, qui ne se rencontre nullement chez les pyridones, caractérise la différence très nette qui existe entre un *cycle* (pipéridone) et un *noyau* (pyridone). La réaction hydrolytique qu'on vient de décrire ouvre aussi une voie avantageuse pour la préparation des acides polyméthylène-*bis*-δ-aminovalériques de formule (III), dont les possibilités réactionnelles paraissent, par ailleurs, dignes d'intérêt. L'un de nous poursuit présentement le développement de leur étude.

Description de quelques bis-*α-pipéridones* $(C_5H_8ON)-(CH_2)_n-(C_5H_8ON)$
et des bis-*aminoacides correspondants.*

$C_{13}H_{22}O_2N_2$: ($n = 3$) crist. F 45° (corr.) É$_4$ 228°; dichlorhydrate F 173-174°. Acide F 168°; dichlorhydrate de l'acide F 194-195° (déc.).

$C_{14}H_{24}O_2N_2$: ($n = 4$) crist. F 49° (corr.) É$_{3,5}$ 244-245°; dichlorhydrate F 139-140° (corr.). Acide F 252° (déc.); dichlorhydrate de l'acide F 185-186° (déc.).

$C_{15}H_{26}O_2N_2$: ($n = 5$) crist. F 48-49° (corr.) É$_3$ 240-241° (hygroscopique). Dichlorhydrate de l'acide F 173-174° (déc.).

GÉOLOGIE. — *Origines possibles des bone-beds.* Note de MM. **Henri Heldt**, **André Rivière** et **Pierre Bellair**, présentée par M. Charles Jacob.

On a coutume de considérer les *bones-beds* de poissons des couches lagunaires comme résultant de l'invasion brutale de la mer dans des lagunes dessalées où vivaient des poissons dulçaquicoles. La multiplicité de ces lits d'ossements dans certaines couches géologiques est alors expliquée par des invasions successives, séparées par des phases de dessalure. Tout ceci suppose nécessairement que les poissons en cause étaient sténohalins.

Les observations de l'un de nous (H. Heldt) sur les lagunes tunisiennes permettent d'avancer d'autres hypothèses. Les lagunes de la côte tunisienne, en communication avec la mer, se montrent actuellement peuplées d'espèces nettement euryhalines. Parmi les poissons on trouve principalement : l'anguille (*Anguilla anguilla* L.), plusieurs espèces de Muges (*Mugil cephalus* Cuv., *M. ramada* Risso, *M. labrosus* Risso, *M. auratus* Risso, *M. saliens* Risso), des loups (*Morone labrax* L., *M. punctata* Bloch), la daurade (*Chrysophys aurata* C. V.) et la sole (*Solea vulgaris* Cuv.) Ces poissons pénètrent dans les lagunes à l'état d'alevins, y croissent rapidement et, le moment venu, sortent pondre à la mer.

La Gaarat Ischkeul, lac saumâtre s'étendant sur 12000 hectares, communique par l'Oued Tindja, sinueux et peu profond, avec le Lac de Bizerte, relié lui-même à la mer par un canal. Le Poisson qui y vit, sollicité, à l'époque du frai, par l'arrivée des eaux salées, sort à la mer par l'Oued Tindja et le Lac de Bizerte. Si les courants marins n'arrivent pas jusqu'au lac, soit du fait de l'encombrement du lit de l'oued, soit par la persistance de l'écoulement des eaux douces, les reproducteurs ne trouvent pas d'issue et demeurent dans un milieu qui ne convient pas à leur état. Ils dépérissent et meurent en masse. Seule, au reste, est touchée l'espèce mûre pour le frai. On a vu ainsi des hécatombes de Muges céphales succéder, par dizaines de tonnes, à des mortalités de même importance de Muges ramada. Le rétablissement du courant marin remettait tout en état.

On note là une cause de destruction inopinée, purement biologique, due à l'arrêt du cycle normal et se produisant pour chaque espèce à une période bien déterminée.

Les faits observés dans la Sebkra Kelbia sont d'un autre ordre. Cette cuvette, qui sert de

déversoir aux oueds qui débouchent dans la plaine de Kairouan, est située à une vingtaine de kilomètres à l'intérieur des terres. Son point le plus bas est à la cote + 15,5. Un seuil à la cote + 19,5 sépare le lac de la mer.

Si les apports des oueds ont été faibles, l'évaporation, très intense, assèche rapidement le lac. Par contre, aux très fortes crues, il peut déborder et ses eaux s'écoulent à la mer. Le fait s'est produit en 1870, 1883 et 1931. A la faveur de cette communication, des bancs de civelles et d'alevins de Muges ont pu ainsi pénétrer dans le lac et s'y sont trouvés bientôt isolés. Leur croissance s'y montra exceptionnelle, chaque sujet augmentant son poids de 600 à 800^{g} par an. En 1938 le Kelbia était de nouveau à sec.

On conçoit que la succession de périodes d'empoissonnement, de croissance accélérée et d'assèchement total puissent provoquer la formation de couches à ossements, comme on en trouve de subactuelles dans bien des points du Sahara soudanais.

Le pullulement extraordinaire de cette faune inhabituelle dans des eaux ordinairement peuplées par des Invertébrés est évidemment une prédisposition favorable à de tels dépôts.

Les eaux du Bahiret de Tunis, riches en matières organiques, se montrent périodiquement le siège d'un autre phénomène : aux époques de fortes chaleurs et de calme, un micro-organisme anaérobie, réducteur des sulfates : le *Vibrio desulfuricans*, se multiplie activement, produisant d'abondantes quantités d'hydrogène sulfuré. Il s'ensuit une désoxygénation des eaux et la mortalité par asphyxie des poissons du lac. Le fait ne cesse que si un vent frais aère à nouveau le milieu, s'il s'établit un courant venant de la mer ou si, favorisée par la présence de H^2S, se met à pulluler une thiobactérie, antidote du vibrion : *Beggiatoa roseo parsicana.*

Les conséquences peuvent ainsi se limiter à une mortalité réduite ou prendre une plus grande ampleur : c'est plusieurs centaines de tonnes de poissons morts qui ont dû être enfouis en juillet 1939.

Le Kelbia, l'Ischkeul, comme le lac de Tunis, montrent qu'un afflux d'eau marine, loin d'être une cause de destruction de la faune est, au contraire, une raison de sa prospérité.

Il n'y a pas de raison pour qu'il n'en ait pas été de même au cours des temps géologiques. En postulant l'euryhalinité des poissons des bone-beds, on évite l'explication des variations brusques et répétées de salure. L'idée d'une soudaine invasion marine est d'ailleurs dans une certaine mesure contradictoire avec le fait que, dans les pays subdésertiques, la commnication avec la mer résulte plus souvent d'un afflux massif et exceptionnel d'eau douce que l'inverse. Elle n'est pas non plus en accord avec le fait que la majorité des lagunes côtières représentent un phénomène de comblement plutôt que d'invasion marine.

Ainsi, si les bone-beds des couches lagunaires sont peut-être dus parfois à la mort subite des poissons d'eau douce sténohalins incapables de supporter un afflux brusque d'eau marine; ils doivent beaucoup plus fréquemment être la conséquence d'une destruction massive de poissons euryhalins en provenance de la mer voisine, pour des causes biologiques, bactériologiques ou simplement climatiques.

GÉOLOGIE. — *Nouvelles observations sur la faune et la flore des couches exploitées dans le bassin houiller de Djerada (Maroc Oriental).* Note de M. **Boris Owodenko**, présentée par M. Charles Jacob.

Depuis la publication de mon Mémoire sur le Bassin houiller de Djerada [1], des faits nouveaux ont été établis sur la faune limnique et la flore, par suite de mes récoltes de la campagne 1946. Elles ont été faites dans le terrain houiller au-dessus du Grand Poudingue, qui marque la limite entre les couches à *Anthracoceras ægiranum* et le Westphalien supérieur. Celui-ci contient les couches d'anthracite où toute l'exploitation est actuellement concentrée. Les veines exploitées ont été désignées par des lettres de bas en haut, de A jusqu'en H. La stampe entre le Grand Poudingue et la couche H est de l'ordre de 400^m. Je dois à M. A. Carpentier les déterminations de plantes citées ici.

Couche A. — Aucun fait nouveau pour le toit schisteux à *Estheria Simoni* Pruvost et *Anthracomya Phillipsi* Williamson.

Couche B. — Les nouvelles espèces reconnues de végétaux du toit sont : *Neuropteris heterophylla* Brongniart, *Pecopteris Miltoni* Artis, *Pecopteris abbreviata* in Zeiller, *Cordaites principalis* Germar, *Sphenophyllum* sp., *Asterotheca* sp.

Couche C. — Aucun fait nouveau pour les schistes noirs du toit à *Estheria Simoni* Pruvost, *Estheriella Reumauxi* Pruvost et *Anthracomya Phillipsi* Williamson.

Entre D et F, un niveau, situé à 20^m au-dessous de F, a donné : *Neuropteris Scheuchzeri* Hoffman, *Cordaites borassifolius* Sternberg.

Couche F. — Dans les schistes noirs fossiles du toit : *Estheriella Reumauxi* Pruvost; *Anthracomya Phillipsi* Williamson; *Anthracomya Pruvosti* Tchernischew.

Couche G. — Au sein des schistes, à 15^m au-dessus de la veine exploitée avec *Anthracomya Phillipsi*, plusieurs specimens d'*Anthracomya* aff. *prolifera* Waterlot, Moore et Trueman.

Entre G et H, un niveau, à 20^m au-dessous de H, contient des *Mixoneura*, formes voisines de *Mixoneura sarrana* P. Bertrand et de *Mixoneura Deflinei* P. Bertrand.

Couche H. — Nouvelles espèces reconnues dans le toit schisteux : *Pecopteris candolleana* Brongniart; *Pecopteris* du groupe *P. cyathea* Schlotheim *Cordaites* sp.

Ces déterminations permettent de faire les constatations suivantes :

1° Depuis les couches actuellement exploitées A, B, C jusqu'à F qui sera mise en exploitation prochainement, ce que l'on connaît de la faune et de la flore apparente ces couches avec l'assise de Bruay.

2° Entre D et F la présence de *Neuropteris Scheuchzeri* Hoffmann ne permet pas d'affirmer qu'on soit sorti de l'assise de Bruay, car cette espèce monte plus haut, mais se trouve déjà dans l'assise de Bruay.

3° Au-dessus de la couche G, il existe un horizon à *Anthracomya* dont les

---

(1) *Mémoire explicatif de la Carte géologique du Bassin houiller de Djerada et de la région du Sud d'Oujda* (*Annales de la Société Géologique de Belgique*, 70, fasc. h. s., 1947).

affinités sont avec des formes trouvées par Moore et Trueman dans les couches de Radstock. La présence de ces éléments ne permet pas toutefois une conclusion ferme au point de vue stratigraphique ; mais il est possible qu'on se trouve là déjà à des niveaux du Radstockien inférieur d'Angleterre ou de l'assise de la Houve en Sarre.

5° L'horizon, à 20^{m} au-dessous de la couche H, renferme des *Minoxeura* appartenant à des espèces qui ont les plus étroites affinités avec celles des flambants supérieurs de la Sarre, et le toit de la couche H contient des *Pecopteris* appartenant à des espèces connues ailleurs dans l'assise de Rive-de-Gier (Stéphanien inférieur). Ces éléments permettent de conclure que les couches les plus élevées du bassin houiller de Djerada ont des rapports de flore avec les couches du Radstockien supérieur d'Angleterre et, en Sarre, avec les flambants supérieurs, assise de la Houve, et les couches inférieures d'Ottweiler, ces dernières correspondant à l'assise de Rive-de-Gier dans le Massif Central.

GÉOLOGIE. — *Sur quelques particularités de la série stratigraphique de la Vanoise septentrionale (Savoie) : rôle des décollements et des laminages.* Note de M. **Léon Moret**, présentée par M. Charles Jacob.

Parmi les régions des zones intraalpines françaises, la Vanoise est l'une de celles qui se sont montrées le plus rebelles à l'analyse stratigraphique et tectonique, et cela, malgré les travaux classiques de P. Termier, complétés par ceux de J. Boussac, M. Gignoux, E. Raguin [1]. C'est que l'apparition du métamorphisme général alpin et l'intervention de phénomènes mécaniques violents ont contribué à modifier le faciès des divers terrains et quelque peu troublé le jeu normal de l'orogénèse dans tout le secteur compris entre les cours supérieurs de l'Arc et de l'Isère.

Les travaux préparatoires à l'aménagement hydroélectrique des grandes vallées de ce secteur conduisent à quelques observations nouvelles entre le Doron de Pralognan et l'Isère supérieure (de Bourg-Saint-Maurice à Tignes). Nous les présentons ici, en les groupant suivant les grandes unités tectoniques qui se succèdent d'Ouest en Est, c'est-à-dire de bas en haut.

1° *Zone houillère briançonnaise.* — Le Houiller y présente son type normal schisto-gréseux à anthracite et peut se terminer localement par un Permien également normal (grès *verrucano* et schistes violets). Toutefois, dans les environs du Villard-de-Bozel et de Bourg-Saint-Maurice, *ces formations deviennent progressivement métamorphiques vers le Nord et l'Est.* Çà et là, des lambeaux de la couverture mésozoïque y sont conservés sous forme de *lentilles de Trias généralement réduites à des quartzites très écrasés,*

---

(1) M. Gignoux, *Les problèmes géologiques de la région Vanoise-Mont-Pourri (Savoie)* (*Trav. Labor. Géol. Univ. Grenoble*, XV, 1929); E. Raguin, *Haute-Tarentaise et Haute-Maurienne (Alpes de Savoie)* (*Mém. Carte Géol. France*, 1930).

schisteux ou même pulvérulents, séparant ce Permo-Houiller peu ou pas métamorphique du socle, des schistes cristallins du Mont-Pourri, de Bellecôte et du Grand-Bec qui le dominent de toute part.

2° *Massif cristallophyllien de la Vanoise septentrionale* (*Mont-Pourri, Bellecôte, Grand-Bec*). — Complexe toujours plus ou moins laminé, dont les termes les plus fréquents sont des micaschistes et des schistes séríciteux avec rares passées de phyllades. Les rapports avec le Houiller de la zone précédente y sont les mêmes que plus au Nord, au Col du Petit-Saint-Bernard; autrement dit, il ne semble pas y avoir de passage entre les deux et le contact est d'origine tectonique, étant toujours souligné par un *horizon de schistes séríciteux et quartzeux laminés et froissés à l'extrême ainsi que par des lentilles de quartzites triasiques* appartenant à l'unité précédente, On ne peut donc *plus parler de passage progressif entre le Houiller de base et les schistes cristallins du Pourri.*

3° *Couverture mésozoïque des schistes cristallins de la Vanoise-Mont-Pourri.* — Il n'en subsiste que des lambeaux dans le massif Pourri-Bellecôte-Grand-Bec, mais elle se développe vers l'Est à partir de Tignes et de Pralognan, et là, viennent se superposer au Trias, les complexes jurassiques et même crétacés de la Vanoise proprement dite, tandis que l'ensemble est affecté de nombreux replis anormalement déversés ou même refoulés vers le Sud (Synclinorium de la Vanoise médiane). *Le Trias débute toujours par des schistes verts peu métamorphiques* (Permo-Trias?), non reconnus jusqu'ici, mais retrouvés en Maurienne, près d'Aussois, par M. Gignoux. C'est ce niveau qui a facilité le *décollement des quartzites* superposés, car, toujours, ceux-ci débutent par des couches extrêmement laminées, feuilletées ou même sableuses. Au sommet des quartzites vient la formation des gypses et cargneules, le plus souvent réduite à ces dernières ou aux schistes noirs associés par suite d'un *nouveau décollement* qui a affecté la base des calcaires gris compacts (calcaires à Diplopores). Cette base, qui correspond à l'horizon des calcaires vermiculés du Briançonnais, est ainsi devenue les *calcaires phylliteux inférieurs*, horizon très constant du Trias moyen dans la région et bien observable à Pralognan.

C'est par des schistes (parfois associés à des roches lagunaires comme dans le Briançonnais) que se termine le Trias (schistes à *Equisetites*), et ces schistes sont souvent laminés par un *troisième décollement* des complexes jurassiques superposés qui prennent alors le faciès de calcaires phylliteux (*calcaires phylliteux supérieurs*, surtout liasiques).

Enfin, on sait que la série sédimentaire se termine par les calcschistes et calcaires marbreux du Jurassique (Dogger?, Malm) et les marbres en plaquettes crétacés.

4° *Zone des gypses.* — Ces amas, sans rapport stratigraphique avec leur substratum, sont considérés comme jalonnant le front des masses charriées ; ils ont été alimentés par les gypses triasiques de la couverture de la zone houillère et des schistes cristallins de la Vanoise-Mont-Pourri, secondairement extravasés vers la surface par des influences tectoniques (M. Gignoux). Dans notre région, le Crêt du Feu, la Dent de Villard et le Petit-Mont-Blanc de Pralognan en sont des exemples bien connus.

5° *Zone des schistes lustrés.* — Elle entre dans la constitution de la Vanoise orientale dont elle est toujours séparée par une zone de gypse. Ses rapports avec cette région sont d'ailleurs tels que P. Termier et W. Killian ont pu depuis longtemps parler d'une « nappe des schistes lustrés », que nous citons ici pour mémoire, et qui vient chevaucher la couverture mésozoïque de la Vanoise.

Conclusions. — Les faits nouveaux découlant de ce qui précède et dont devra tenir compte toute nouvelle synthèse de la Vanoise sont les suivants :

Le Houiller de la zone houillère briançonnaise peut devenir métamorphique,

mais il n'existe pas de liaison visible entre ce Houiller du socle et les schistes cristallophylliens du Mont-Pourri et de Bellecôte. Les quartzites du Trias sont toujours décollés au niveau de leur contact avec les terrains plus anciens, grâce à un horizon schisteux vert. Les *calcaires phylliteux*, attribués en bloc au Trias moyen par P. Termier, sont en réalité d'âges différents (calcaires phylliteux inférieurs ou triasiques, supérieurs ou jurassiques) et semblent bien être en relation avec les grands décollements qui clivent la couverture sédimentaire, déjà affectée par le métamorphisme alpin ; on peut donc penser que les laminages subséquents, dont l'importance en Vanoise est bien connue puisqu'ils peuvent aller jusqu'à la suppression complète d'étages, ne sont pas totalement étrangers à la naissance de ces faciès.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Contribution à l'étude de la composition chimique du Tabac : Sur la présence de l'acide méthyl-3 valérianique dextrogyre dans la feuille fermentée de Tabac.* Note de MM. **Sébastien Sabetay** et **Jacques Panouse**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les recherches sur la constitution chimique des substances odorantes contenues dans les feuilles fermentées de Tabac ont fait l'objet de publications assez nombreuses. On peut constater cependant que le problème n'a pas été résolu à la satisfaction des chercheurs. C'est ainsi que la présence de quantités appréciables d'acide méthyl-3 valérianique n'avait jamais été signalée à notre connaissance.

Le Tabac que nous avons utilisé pour notre étude provenait de la région de Bône en Algérie ; il appartient à la variété *Zina court* et a été récolté en 1941. 190^{kg} de tabac à fumer, finement haché, ont été épuisés par du benzène froid, suivant un mode opératoire déjà mis au point par l'un d'entre nous ([1]).

La concrète benzénique obtenue après évaporation du solvant est une masse pâteuse d'un vert très foncé à odeur tabacée typique, avec relents de figue et de miel.

On soumet une partie de cette concrète à la distillation sèche, sous un vide de 1 à 2^{mm}, en prenant des précautions pour éviter la mousse. Le distillat jaune paille est agité avec de la soude à 4 %, puis à 7 %, qui entraîne les acides et les phénols. Ces derniers sont régénérés par un courant de gaz carbonique. Les sels de sodium non décomposés sont alors déplacés par l'acide sulfurique, et les acides libérés extraits à l'éther.

Il reste cependant une petite quantité d'acides dissous dans l'eau ; après

([1]) S. Sabetay, L. Trabaud et H. F. Emmanuel, *Chim. et Ind.*, 46, 1941, p. 429, et *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 321 ; L. Palfray, S. Sabetay, L. Sabourin et H.-F. Emmanuel, *Ann. Chim. Anal.*, 23, 1941, p. 311 ; L. Palfray, S. Sabetay et L. Trabaud, *Indust. Parfum.*, 2, 1947, p. 83.

conversion en sels de sodium, ces acides hydrosolubles sont libérés, puis estérifiés par l'alcool butylique normal en présence d'acide sulfurique; les esters butyliques sont soumis à des distillations fractionnées successives. Ceci nous a permis de mettre en évidence, après saponification, *l'acide formique* et *l'acide acétique*, dont la présence a déjà été signalée dans la feuille de Tabac (¹) (²).

Nous avons alors estérifié les acides précédemment extraits à l'éther au moyen d'alcool éthylique en présence de SO_4H_2, et nous avons soumis à une rectification très soignée les esters éthyliques formés. Dans les parties de tête, nous avons retrouvé les acides formique et acétique estérifiés, puis une petite quantité d'un ester que nous avons saponifié.

L'acide libéré est, selon toute vraisemblance, *l'acide valérianique normal* (fusion mélangée du dérivé bromophénacylé avec celui de l'acide valérianique normal de synthèse). Seuls Kipriyanov et Gabel (³) avaient obtenu cet acide par distillation sèche et brutale des feuilles de Tabac.

La distillation permet d'isoler ensuite des portions plus abondantes qui possèdent les constantes suivantes :

É 156-157°; $n_D^{20,5}$ 1,4068; I. S. 393 (calculé pour $C_5H_{11}COOC_2H_5$ 389).

Ces fractions donnent naissance après saponification à un acide possédant une odeur valérianique intense :

(É 194-196°; $n_D^{20,5}$ 1,4158; $d_4^{20,5}$ 0,9276; $[\alpha]_D + 7°66$) qu'on a identifié avec l'acide méthyl-3 valérianique dextrogyre

$$CH_3-CH_2-CH(CH_3)-CH_2-COOH,$$

grâce aux points de fusion mélangés de son amide (F 125°), de son paratoluidide (F 75°), et de son ester parabromophénacylé (F 36°), avec les dérivés correspondants de l'acide méthyl-3 valérianique racémique préparé par synthèse, lesquels, selon Marckwald, ont cette singularité de fondre au même point que les dérivés actifs (cf. Beilstein). La teneur en azote de l'amide est de 11,95 % (théorie pour $C_6H_{13}ON$ 12,17 %).

La présence d'acide méthyl-3 valérianique, dit *acide caproïque actif*, n'avait jamais été signalée dans le Tabac, à notre connaissance. Tout au plus, C. Neuberg et J. Burkard (⁴) indiquent-ils la présence dans la fumée de Tabac, d'homologues supérieurs de l'acide valérianique, déviant à gauche la lumière polarisée.

D'autre part, il est curieux de constater que cet acide se forme abon-

---

(²) A. Schmuck, *Industrie de recherches sur le Tabac* (Russie) (*Bull.*, 50, 1929, p. 1).

(³) *Ukrainskii Khem.*, *Zhur.* 4, *Techn. Pt.*, 45, 1929; cité d'après *Chem. Abst.*, 24, p. 916², 1930.

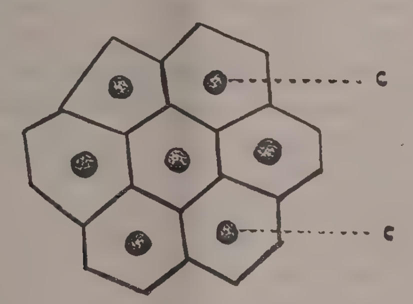
(⁴) *Bioch. Zeits.*, 243, 1931, p. 472.

damment dans certaines putréfactions bactériennes ([5]) où il prend naissance par désamination de l'isoleucine $CH_3-CH_2-CH(CH_3)-CH(NH_2)-COOH$, à côté de petites quantités d'acide valérianique normal. On a également signalé sa présence dans le pétrole ([6]), auquel on attribue généralement une origine bactérienne.

A part cela, on ne l'a pratiquement pas rencontré dans la nature, et c'est pourquoi nous supposons que cet acide prend naissance dans le Tabac au cours de la fermentation subie par la feuille après sa dessiccation.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur des gènes élaborateurs de pigments anthocyaniques des anthères des fleurs de* Pirus communis *et d'autres plantes.* Note ([1]) de M. **Jean Politis**, présentée par M. Louis Blaringhem.

On ne savait pas comment se forme l'anthocyane dans les anthères des fleurs de nombreuses plantes. Dans cette Note nous résumons les observations que nous avons faites sur la formation cytologique de l'anthocyane dans les anthères des fleurs de *Pirus communis* L., *Papaver Rhœas* L., *Capparis spinosa* L., et d'autres plantes.



Cellules épidermiques d'une anthère de *Pirus communis*. Chacune de ces cellules renferme un cyanoplaste (*c*).

Pirus communis. — On sait que les fleurs de cette espèce sont blanc rosé, en corymbes, et les anthères rouges. Si l'on examine les cellules épidermiques des anthères d'une fleur en voie d'éclosion, on peut suivre tous les stades successifs de la formation de l'anthocyane au sein des organites élaborateurs (cyanoplastes). L'épiderme, qui s'étend sur toute la surface de l'anthère, est composée de cellules; chacune d'elles, à son jeune âge, renferme, outre le noyau et le cytoplasme, un cyanoplaste, c'est-à-dire un corpuscule sphérique, d'une

---

([5]) C. Neuberg et E. Rosenberg, *Bioch. Zeits.*, 178, 1907, p. 7.

([6]) W. A. Quebedeaux, G. Wash, W. O. Ney, W. W. Crouch et H. L. Lochte, *J. Amer. Chem. Soc.*, 65, 1943, p. 767.

([1]) Séance du 3 novembre 1947.

couleur rouge. Au commencement ce corpuscule est très petit et incolore; il s'accroît ensuite, prend la coloration indiquée ci-dessus et atteint une grandeur supérieure à celle du noyau. Enfin il se dissout et le suc cellulaire, qui tout d'abord était incolore, prend la coloration rouge. Ces corpuscules, nous avons constaté qu'ils possèdent une enveloppe dans l'intérieur de laquelle s'élaborerait le pigment. Comme on sait, l'anthocyane est en général soluble dans l'eau et dans l'alcool. Par l'emploi de ces solvants on peut constater, sur les cyanoplastes, une enveloppe qui présente une plus grande résistance. Dans les cellules du connectif, les cyanoplastes sont petits; leur grandeur augmente à mesure que nous avançons des cellules du connectif vers les cellules des deux bords de la fente. On observe des cyanoplastes assez semblables dans les cellules épidermiques des anthères des fleurs des plantes suivantes : *Convolvulus tenuissimus* Sibt. et Sm., *Linum usitatissimum* L., *L., angustifolium* Huds. *Orlaya platycarpos* (L) Koch, *Sherardia arvensis* L., *Scrophularia peregrina* L.

Papaver Rhœas L. — Les fleurs de cette plante sont grandes; elles sont rouges, et les anthères ont une teinte violette due à la présence d'un pigment anthocyanique dissous dans le suc vacuolaire. En observant les cellules épidermiques d'une anthère où le pigment commence à apparaître, il est possible de rencontrer tous les stades successifs de la formation de l'anthocyane et de constater qu'elle est produite par l'activité des petits corpuscules (Cyanoplastes). On constate d'abord, dans le cytoplasme de quelques cellules, l'existence de très petits grains dont la couleur d'abord bleu pâle, s'accentue peu à peu. La couleur est due à l'anthocyane. A un stade plus avancé, on voit ces grains subir un accroissement de volume assez sensible. Certains de ces éléments produisent un petit renflement et prennent ainsi la forme d'un haltère. Plus loin la couleur du pigment s'accentue peu à peu surtout dans les renflements ainsi formés; ceux-ci grossissent, finissent par s'isoler et prennent la forme de sphérules. Ces sphérules peuvent se fusionner souvent pour constituer de grosses masses à contour irrégulier, puis elles se dissolvent dans le suc vacuolaire. Ainsi, le pigment, qui se forme au sein de ces corpuscules se dissout, à la fin, dans une grosse vacuole occupant presque toute la cavité de la cellule. La couleur du pigment, après l'action du suc cellulaire, devient violette.

Capparis spinosa L. — Nous avons constaté que, dans les cellules épidermiques des anthères des fleurs de cette espèce, l'anthocyane apparaît dans des éléments qui prennent des formes filamenteuses et peuvent s'anastomoser et se transformer en une sorte de réseau. Les résultats de nos recherches peuvent donc se résumer de la manière suivante : Les pigments anthocyaniques, dans les anthères des fleurs que nous avons examinées, s'élaborent : 1° au sein d'un cyanoplaste unique par cellule (*Pirus communis*, etc.); 2° au sein de nombreux éléments, qui prennent la forme de sphérules (*Papaver Rhœas*, etc.) ou la forme de longs filaments (*Capparis spinosa*, etc.). Ce dernier mode de

formation cytologique des pigments anthocyaniques a été observé pour la première fois (1914) par Guillermond, dans les dents des jeunes folioles des Rosiers. En outre, en 1911, nous avons montré, par l'étude de la formation cytologique des pigments anthocyaniques dans les fleurs d'un certain nombre de Monocotylédones et Dicotylédones, que ces pigments apparaissent d'abord dans le cytoplasme au sein des corpuscules spéciaux qui ont été décrits pour la première fois par nous sous le nom de cyanoplastes et considérés comme des organites élaborateurs de pigments anthocyaniques. La couleur de ces fleurs, qui est un des caractères extérieurs les plus frappants, semble être produite par des organites spécifiques. Mais ces organites possèdent la propriété de s'accroître et de se multiplier. Ils proviendraient toujours d'organites préexistants et se transmettraient de l'œuf à l'embryon. Dans l'œuf devrait donc exister l'organite ou gène ayant la propriété d'élaborer de l'anthocyane et de produire la couleur caractéristique de la fleur. Cet organite, à la suite d'une excitation, sort du noyau, grossit peu à peu et devient un cyanoplaste (comme dans les anthères de *Pirus communis*, etc.) ou se multiplie activement; les éléments qui proviendraient de cette multiplication produisent de l'anthocyane (comme dans les anthères de *Papaver Rhœas*, etc.).

BIOLOGIE DES SOLS. — *Les associations de microorganismes dans les sols.* Note (¹) de M. **Jacques Duché**, présentée par M. Roger Heim.

Les relations entre les organismes du sol prennent des aspects très divers, depuis l'étroite association des racines des Légumineuses avec les bactéries des nodosités ou celle des racines des Conifères avec les champignons des mycorhizes, jusqu'à la simple juxtaposition sans autre action réciproque qu'une concurrence spatiale de deux micromycètes ayant les mêmes exigences écologiques.

Dans l'état actuel de nos connaissances sur la biologie des sols, il n'est pas possible de discerner le mécanisme et l'importance relative des réactions réciproques des organismes du sol même quand celles-ci concernent les nodosités des Légumineuses ou les mycorhizes qui, cependant, ont été l'objet d'études approfondies.

Les travaux considérables qui ont été faits sur les antibiotiques nous apprennent que l'action biochimique d'une bactérie ou d'un champignon, d'un microorganisme en général, est essentiellement variable avec ce qui l'environne, ce qui laisse pressentir que les résultats de toute étude *in vitro*, en culture pure, ne seront qu'exceptionnellement applicables aux phénomènes réels qui se produisent dans le sol.

(¹) Séance du 3 novembre 1947.

Pour qu'une recherche de laboratoire concernant les relations entre microorganismes puisse donner des résultats transposables au sol, il est nécessaire de réaliser les conditions d'environnement, physiques, chimiques et biologiques de la Nature, c'est-à-dire de constituer un sol synthétique aussi semblable que possible au sol en place. Une telle synthèse n'est possible que si, préalablement, une analyse complète du sol a été faite.

En ce qui concerne les microorganismes, les analyses faites jusqu'ici portent, à la fois, pour chaque prélèvement, sur un groupe très restreint, les micromycètes, ou les bactéries aérobies ou encore les bactéries anaérobies se développant sur les milieux usuels, et sur un volume de sol minuscule de l'ordre de 10^{-5} cm^3. Deux analyses portant sur deux prises d'essai d'un même sol donnent généralement des résultats différents, tant est variée et hétérogène la micropopulation des sols. Les conclusions déduites d'une analyse ou d'un nombre restreint d'analyses ne peuvent être étendues à des surfaces de sol d'intérêt agronomique, l'hectare par exemple, sans de grossières erreurs. En effet, pour cette surface et une terre arable de 20^{cm} de profondeur, il serait nécessaire de multiplier le résultat d'une analyse, faite sur le volume considéré ci-dessus, par le coefficient $2 . 10^{14}$.

Pour surmonter cette difficulté nous avons multiplié les analyses de telle façon que toute analyse nouvelle n'apporte pas une perturbation de plus de 5 % sur la liste des organismes isolés, en choisissant les micromycètes comme tests parce que leurs thalles ont une morphologie et une couleur permettant de les distinguer facilement les uns des autres, alors qu'il est moins commode de différencier les colonies de bactéries. Ces analyses, que nous poursuivons depuis plusieurs années, nous permettent de conclure qu'il existe des groupements de microorganismes caractéristiques à la fois du type de sol et des types d'associations végétales.

Nous avons effectué, en outre, de telles analyses sur les sols à calcaires dolomitiques et à végétation clairsemée des Causses, sur les mêmes sols à végétation forestière, — deux mêmes sols à végétation différente —, et sur un sol calcaire de la Champagne pouilleuse, un sol voisin du premier quant à la constitution physico-chimique et quant à la dispersion de la végétation. Nous avons trouvé trois aspects de *paysages* de micromycètes parfaitement caractéristiques de ces sols, se retrouvant à des distances assez grandes de l'ordre de plusieurs kilomètres, à la condition que le micro-climat soit le même, et se retrouvant aussi dans des prélèvements faits à un an de distance et à la même époque.

Il nous semble que l'on puisse extrapoler ces résultats aux bactéries.

L'existence de ces associations assez stables fait espérer que l'on réussira la synthèse biologique d'un sol dans lequel la résultante de toutes les actions des microorganismes pourra être déterminée. Cette résultante sera certainement différente de celle qui a été observée sur les milieux de culture artificiels,

puisque dans ceux-ci les facteurs physiques et chimiques de l'environnement n'ont aucun point commun avec ceux du sol.

La détermination de ces associations a l'avantage aussi de donner une idée de la composition chimique du sol plus précise que les analyses habituelles, ces associations étant influencées par les oligoéléments. Enfin, des conclusions pratiques : influence sur les cultures, action sur les engrais, etc., peuvent être déduites de l'étude biologique de ces associations puisqu'elles concernent un volume de sol d'intérêt agronomique.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'action antibiotique de la clitocybine est-elle due à l'acide cyanhydrique ?* Note de M. **Marcel Locquin**, présentée par M. Roger Heim.

On sait que A.-Ch. Hollande [1] a ici-même, à deux reprises, attiré l'attention sur l'action, qualifiée par lui d'antibiotique, des extraits de *Clitocybe* (*Aspropaxillus*) *gigantea* (Fr. ex Sow.) Quél. var. *candida* (Bres.) Heim. Le 20 avril 1946 nous nous sommes rendu à Gresse (Isère) pour étudier sur place les cercles mycéliens découverts par M. Hollande. Nous avons prélevé des carottes de terre dans la zone dénudée des *fairy rings*. Celles-ci dégageaient une légère odeur cyanhydrique. Au laboratoire, quelques mois plus tard, la présence de l'acide cyanhydrique dégagé a été mise en évidence par les réactions de Guignard, de Schœnbein et de Steimetz. En octobre de la même année, sur des carpophores adultes, nous avons comparé ce dégagement à celui du type qui est nettement plus faible. Même constatation a été faite sur les mycéliums. Il y a donc là un argument en faveur de l'opinion de M. Roger Heim qui sépare physiologiquement *candida* de *gigantea*.

En juin 1947, en l'absence de Clitocybes, nous avons effectué des essais préliminaires d'extraction sur *Marasmius Oreades*, espèce elle aussi cyanogénétique, pour essayer d'y mettre en évidence un hétéroside hypothétique responsable de ce dégagement. Nous avons réussi à isoler quelques milligrammes d'un corps soluble dans l'éther acétique, hydrolysable par l'acide sulfurique dilué à chaud avec dégagement de HCN, se décomposant lentement à froid avec émission du même gaz, émission non accélérée par l'émulsine.

Ayant pu nous faire envoyer de Haute-Savoie des échantillons secs de *Clitocybe candida* et *Cl. infundibuliformis*, nous venons de reprendre nos extractions avec ce matériel. Au cours de celles-ci nous avons constaté :

1° Que l'action antibiotique des extraits bruts s'exerçait *in vitro* sur toutes les bactéries examinées et qu'en particulier il n'y avait jamais de contaminations accidentelles au cours des manipulations (ces résultats sont en parfait

---

(1) *Comptes rendus*, **221**, 1945, pp. 361-363 et **224**, 1947, pp. 1534-1536.

accord avec les travaux récents de MM. Ch. Rivière, M. Thely et G. Gautron exposés à la séance du 4 novembre 1947 de la *Soc. Chim. Biol.*).

2° Que cette action se manifeste à distance et sans contact sur un plasmode de *Fuligo septica* (particulièrement sensible à HCN) par la simple présence, dans l'atmosphère confinée du flacon de culture, du gaz dégagé qui provoque le rougissement puis la mort du plasmode.

3° Que l'extrait reconnu actif sur *Bac. subtilis* par la méthode des dilutions (Oxford) pouvait être fractionné de la façon suivante : dessiccation et broyage du champignon; extraction à l'alcool froid, à l'eau froide; réunion des extraits; évaporation à froid sous vide; reprise par une faible quantité d'eau et extraction à l'éther acétique. La phase éthérée contient un corps cyanogénétique qui est probablement un hétéroside. La phase aqueuse contient une protéine présentant tous les caractères de solubilité et de précipitation des globulines, en particulier l'insolubilité dans une solution demi-saturée de Am_2SO_4. Une analyse chromatographique de partage de l'hydrolysat dans l'eau saturée de phénol nous permit de constater, entre autres acides aminés, la présence de glycocolle. Cet hydrolysat, extrait à l'éther acétique, nous a donné un corps paraissant identique au corps cité plus haut, que l'on peut ainsi considérer comme probablement lié, par un cénapse, à la protéine.

La mise en évidence ci-dessus d'un corps cyanogénétique, dégageant assez d'acide cyanhydrique pour que, dans une atmosphère confinée, celui-ci se montre toxique vis-à-vis d'un plasmode de Myxomycète, nous permet de penser que c'est à HCN qu'il faut attribuer le comportement antagoniste. Ceci n'exclut évidemment pas la possibilité de l'existence simultanée d'un autre antibiotique. Mais de toute façon son intérêt pratique paraît s'en trouver diminué.

Remarques sur la précédente Note par M. Roger Heim.

Dans la précédente Note, M. Marcel Locquin a été amené à examiner une hypothèse séduisante sur le rôle que pourrait présenter l'acide cyanhydrique (sous une forme qu'il suppose se rattacher à un hétéroside) dans le pouvoir antibiotique du *Clitocybe candida* dont M. Ch. Hollande a tiré des extraits renfermant une substance qu'il a appelée clitocybine, présentant, selon ce dernier, une action inhibitrice vis-à-vis de très nombreuses bactéries et notamment du bacille de Koch.

J'avais été amené, dès le début de 1946, lors de discussions à la Société Mycologique de France et au Comité Scientifique des Antibiotiques, à émettre cette supposition concernant la part que l'acide cyanhydrique pourrait exercer dans cette action. Cette hypothèse se reliait aux résultats des divers dosages de CNH que j'avais effectués, depuis 1942, par la méthode à l'iodure de potassium et au nitrate d'argent, sur toute une série de Clitocybes cyano-

génétiques, offrant par ailleurs un net pouvoir bactériostatique, comparable à celui du *Clitocybe candida* (²).

Certains de ces chiffres (publiés dès 1945) (³) donnent une idée de l'importance de cette teneur en CNH (par rapport à la matière sèche et pour 1000 : *Marasmius Oreades* 0,615, *Clitocybe candida* 0,405, *Cl. clavipes* 0,400, *Cl. geotropa* 0,405, *Cl. gigantea* 0,147, *Cl. cf. maxima* 0,172, *Cl. maxima* 0,540-0,550). Si j'ai été amené à défendre le point de vue selon lequel il existe deux formes physiologiques distinctes, quoique fort voisines, du *Cl. gigantea* (⁴), contrairement à l'opinion de plusieurs auteurs qui les identifient, c'est notamment en raison des différences en teneur de CNH que m'ont révélées les dosages, et que les chiffres ci-dessus mettent en lumière.

Mais les observations que j'ai faites jusqu'ici sur les propriétés culturales et cyanogénétique de ces Clitocybes étaient encore trop fragmentaires pour me permettre de publier quelque donnée à leur sujet. La Note de M. Locquin, qui apporte un élément nouveau en faveur de cette thèse sur l'influence possible du CNH dans les propriétés bactériostatiques notées précédemment, m'autorise aujourd'hui à y faire simplement allusion.

Il n'est pas douteux, d'ailleurs, que ce corps, quelle que soit la forme sous laquelle il se présente chez diverses espèces de Marasmes et de Clitocybes, peut atteindre une teneur fort élevée, « sa répartition chez les Agarics n'étant pas quelconque et correspondant, au moins en partie, à des affinités naturelles » (⁵). L'espèce, connue à ce jour, renfermant la quantité la plus élevée de CNH, est le remarquable Marasme que j'ai récolté l'an dernier au Cameroun, *Symcollybia arborescens* (P. Henn.) Heim, et qui provoque le rougissement du papier picrosodé de Guignard en moins de 20 minutes (⁶). C'est sur de telles espèces hautement cyanogénétiques qu'il conviendrait de poursuivre de nouveaux essais comparativement à ceux déjà entrepris par Ch. Hollande, par Rivière, Thely et Gautron, et par Locquin.

EMBRYOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Précisions expérimentales sur le mode d'action inductrice du canal de Wolff sur le mésonéphros des Amphibiens anoures.* Note (¹) de M. **Roger Cambar**, présentée par M. Maurice Caullery.

Après l'isolement d'un fragment du canal de Wolff au niveau de la zone mésonéphrogène, il apparaît des unités mésonéphrétiques uniquement en

(²) *Voir* également W. H. Wilkins et G. C. M. Harris, *Ann. app. Biol.*, **31**, 1945, p. 261.

(³) Roger Heim, *Titres et Travaux scientifiques*, Paris, 1945, p. 35.

(⁴) *Voir* notamment *in* A. Ch. Hollande, *Action de la clitocybine sur le bacille tuberculeux et autres microbes*, Montpellier, 1946, p. 5.

(⁵) Roger Heim, *loc. cit.*, 1945.

(⁶) Roger Heim, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1319.

(¹) Séance du 3 novembre 1947.

regard de ce fragment. Aussi avons-nous précédemment indiqué que le pouvoir morphogénétique du canal de Wolff nous paraissait limité à une courte distance du canal lui-même.

Les expériences, dont l'exposé et les résultats font l'objet de cette Note, ont pour but de préciser ces dernières observations.

Matériel et méthode. — Nous utilisons les larves déganguées de Grenouille agile (*Rana dalmatina* Bon.). L'opération n'est réalisable que pendant les 12 heures qui précèdent l'éclosion spontanée. Elle consiste à dévier le canal de Wolff de sa position normale, tout en conservant intactes ses connexions avec le pronéphros et le cloaque. La capacité excrétrice du canal reste ainsi inaltérée. Du pronéphros au cloaque, le canal de Wolff est à peu près rectiligne, ce qui interdit toute déviation sans élongation. Cette dernière ne pourrait pas être obtenue sans déviation du conduit, d'où lésions d'importance variable. Un artifice opératoire apporte une solution satisfaisante.

Au moyen de fines aiguilles (sous la loupe binoculaire $G=60$) nous déroulons les dernières circonvolutions du tube pronéphrétique qui constituent la partie postérieure du pronéphros. Ce tube se continue directement hors de la masse pronéphrétique, et sans changement de calibre notable, par le canal de Wolff, lequel se trouve ainsi allongé de la portion déroulée. De proche en proche, en direction postérieure, au moyen de fins crochets de fil d'argent glissés sous l'ectoderme, il est alors possible de déplacer le canal de Wolff de sa position normale en direction soit latérale, soit latéro-ventrale. Il en est ainsi jusqu'au voisinage immédiat du cloaque laissé intact. A ce dernier niveau, le canal de Wolff retrouve sa place normale. Le canal dévié se rapproche donc, vers l'arrière, de plus en plus des blastèmes mésonéphrétiques (base inféro-interne des myotomes, racines du mésentère), jusqu'à être normalement à leur contact près du cloaque.

Une telle déviation du canal de Wolff, d'abord très importante, puis de plus en plus faible jusqu'à devenir nulle, permet de connaître la distance minima à laquelle peut s'exercer le pouvoir inducteur du canal sur le mésonéphros.

L'opération est d'une réalisation délicate (3 à 4 % de succès). Nous l'avons réussie chez 13 larves.

Résultats. — Le canal de Wolff largement dévié s'altère progressivement. Ses parties antérieure et moyenne s'atrophient le plus souvent après 30 jours environ; sa portion postérieure subit des altérations moindres. Ces faits ne gênent pas l'étude des résultats de la déviation, ces derniers étant déjà très nets 20 jours après l'opération.

On retrouve le canal de Wolff soit sur le bord externe des myotomes, soit sur le côté dorso-externe du cœlome.

Dans toute la région où le canal de Wolff n'est pas en position typique, le mésonéphros reste à l'état de blastèmes de petite taille et indifférenciés. Il est donc indispensable que le canal soit au contact des blastèmes mésonéphrogènes pour que s'effectuent leur croissance et leur différenciation.

L'examen de certaines déviations très graduelles permet une étude plus précise. Dans le sens transversal, si la distance séparant le bord interne du canal de Wolff du bord externe du blastème dépasse $100\text{-}120^{\mu}$, aucune action morphogénétique ne peut s'exercer. Cette dernière commence à se manifester

vers 90-100$^{\mu}$ et devient normale à partir de 70-80$^{\mu}$, soit environ le calibre externe du canal de Wolff lui-même : en moyenne 60-70$^{\mu}$ (têtard de 20 jours, 15^{mm} de longueur).

Dans le sens longitudinal, la distance minima relevée est encore plus faible (expériences dans lesquelles le canal de Wolff quitte sa position normale par un coude très brusque). A une distance de 30-40$^{\mu}$ au delà du coude, les blastèmes restent de petite taille et indifférenciés.

En résumé, la croissance des blastèmes mésonéphrétiques et leur différenciation en structure tubulaire ne peuvent s'effectuer qu'en présence du canal de Wolff, et seulement si ce dernier, fonctionnel ou non, est au contact des blastèmes mésonéphrogènes ou, au plus, à une distance égale environ au calibre externe du canal lui-même. La position normale du canal de Wolff est donc strictement privilégiée et permet seule, à de très faibles variations près, l'organisation des blastèmes adjacents. Ce dernier fait augmente encore l'étroite dépendance de la morphogénèse du mésonéphros à l'égard du canal de Wolff.

GÉNÉTIQUE. — *Étude d'une mutation chez* Jæra marina *Fabr.* (*Isopode Asellote*). Note (¹) de M. **Charles Bocquet**, présentée par M. Louis Fage.

Jæra marina est l'un des Isopodes les plus communs sur nos côtes. Sa coloration normale, brune (exemplaires de l'Aber, à Roscoff) ou gris pâle (exemplaires des îles de la baie de Morlaix et de la côte de Pempoull), selon la densité des chromatophores, ne semble pas susceptible de varier beaucoup suivant les conditions de fond ou d'éclairement.

On connaît quelques variantes de ces colorations : Kesselyàk (²) signale, chez *Jæra marina*, l'existence d'individus portant des taches claires sur différentes parties du corps et, chez d'autres espèces voisines, une dépigmentation totale de certains tergites. Il ne semble pas, en tout cas, qu'une analyse génétique quelconque ait porté sur un Isopode marin.

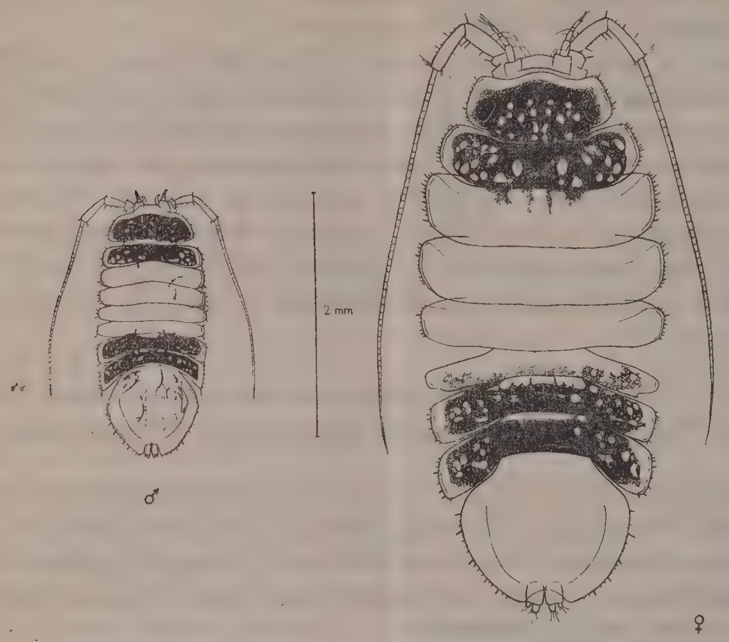
J'ai récolté à Pempoull, au pied du rocher Sainte-Anne, en mélange avec des individus clairs, une forme caractérisée par la présence de deux bandes noires, l'une antérieure, l'autre postérieure, le reste du corps étant presque complètement dépigmenté. Je l'appellerai forme *bifasciata*, ce qui a l'avantage de rappeler son aspect très particulier. Le type de coloration s'observe chez le mâle aussi bien que chez la femelle (*fig.* 1). La tête et le premier segment libre, mis à part les emplacements des insertions musculaires, sont d'un noir franc. Il en va de même pour les sixième et septième segments libres. Il ne reste au contraire

(¹) Séance du 3 novembre 1947.

(²) *Zool. Jahrb.* (*Abt. fur Syst. Ökologie und Geogr. der Tiere*), Bd. 71, H. 3, 1938, pp. 219-252.

que de très rares chromatophores sur les autres segments thoraciques et à la base de l'abdomen.

La coloration est manifeste dès les plus jeunes stades. Il s'agit donc ici d'une variation intéressant la répartition du pigment, un peu analogue à celle qu'a décrite Vandel chez *Armadillidium vulgare* (var. *Collingei*) ([3]).



Mutation à deux bandes de Pempoull (mâle et femelle adultes).

L'analyse génétique a été rendue longue par le fait que les *Jæra* femelles sont fécondées pour plusieurs pontes. Il m'a donc fallu isoler les jeunes et attendre leur maturité sexuelle pour effectuer les expériences de croisement. J'ai évidemment vérifié qu'il n'existait pas de parthénogenèse : les pontes de femelles vierges dégénèrent en quelques jours. La première ponte s'observe chez des *Jæra* âgées de deux mois environ; les pontes suivantes se succèdent à trois semaines d'intervalle. *Jæra marina* constitue, de ce fait, un assez bon matériel génétique.

Voici les résultats des croisements effectués jusqu'ici :

1° Les croisements : forme *bifasciata* $\times$ forme *bifasciata* fournissent deux types de descendance : A^1. Certaines femelles ne donnent que des jeunes à bandes : trois femelles ont donné naissance respectivement à 45, 34, 28 jeunes semblablement pigmentés : A^2. D'autres femelles donnent, en plus, des jeunes

---

([3]) *Bull. Biol. France et Belgique*, 79, fasc. 2-3, 1945, pp. 50.

de couleur claire : j'ai obtenu au total 110 formes à bandes pour 39 claires, ce qui correspond sensiblement à un rapport 3/1.

Ces résultats s'expliquent aisément en supposant l'existence d'un gène autosomique B, dominant par rapport à un gène *b* qui correspond à la coloration pâle. Ce gène B existe à l'état homozygote chez l'un des parents au moins dans les croisements A[1]. Dans les croisements A[2], les deux parents sont hétérozygotes.

2° Les exemplaires clairs de Pempoull sont des homozygotes récessifs *bb*. De même, les formes brunes de l'Aber sont pures, au point de vue de leurs caractères de pigmentation.

3° Dans les croisements entre la forme à bandes et la forme pâle, la dominance du gène se vérifie. Les résultats obtenus sont les suivants : 106 à bandes pour 97 pâles. On devait effectivement attendre une proportion 1 : 1, en supposant que le parent à bande était hétérozygote.

4° Les croisements de forme *bifasciata* et de la forme brune de l'Aber montrent que le gène B se comporte ici encore comme un facteur dominant.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Technique de flottaison permettant la mise en place contrôlée de membranes plastiques sur les diaphragmes ou grilles de microscopes électroniques : adaptation à l'étude de cultures cellulaires.* Note [1] de M. **John Wirth**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'étude au microscope électronique de cellules tissulaires se heurte à deux difficultés principales. La première tient au fait que les cellules sont trop épaisses pour permettre le passage du faisceau électronique. Cette difficulté a été surmontée par l'emploi de cellules cultivées *in vitro*, technique qui permet d'obtenir des cellules largement étalées présentant des prolongements protoplasmiques d'une minceur extrême. La méthode a été décrite par Porter, Claude et Fullam [2]. Ces auteurs ont publié des électronographies remarquables de fibroblastes et de cellules épithéliales.

Le choix d'une cellule appropriée à l'étude électronique de par son étalement et ses lésions pathologiques, et surtout sa mise en position au centre du diaphragme ou de la grille métallique présentent une seconde difficulté. Les auteurs précités ne spécifient pas par quels moyens ils choisissent et placent leurs cellules. Il est indispensable de n'avoir, dans le champ traversé par le faisceau électronique, que des prolongements protoplasmiques très minces, sinon l'échauffement de la préparation fait éclater la membrane plastique. Ceci est surtout vrai, lors de l'emploi de diaphragmes avec un orifice central unique de $0^{mm},02$ de diamètre. Le prolongement cellulaire choisi pour sa minceur et

(1) Séance du 29 septembre 1947.
(2) *J. Exp. Med.*, **81**, 1945, p. 233.

son état pathologique, doit être placé strictement au centre de l'ouverture, ce qui implique des manœuvres assez délicates.

Cette communication a pour but de décrire une technique qui nous a semblé utile. Son principe consiste à placer, par flottaison, la membrane plastique avec la culture cellulaire sur le support métallique sous contrôle microscopique, la surface liquide avec la membrane étant mobilisable (boîte de Petri sur platine mobile) et le support métallique restant fixe (solidaire du pied du microscope).

Les cultures sur membranes plastiques sont effectuées selon la technique de Porter, Claude et Fullam, ou selon celle que nous avons décrite ailleurs [membranes humides : Wirth et Barski (3)].

Les membranes plastiques supportant les cultures cellulaires à étudier sont éloignées de leurs supports vitrés et amenées à flotter sur l'eau distillée remplissant un fond de boîte de Petri. La stabilité latérale de cette membrane est assurée par un petit anneau de verre paraffiné, lui-même maintenu en place à la surface du liquide par des gouttes de paraffine chaude étalées sur l'espace entre l'anneau et les bords de la boîte. Une surface de quelque 15^{cm^2}, laissée libre, permet l'introduction d'une tige de verre coudée, solidaire de la partie immobile du microscope, et supportant à son extrémité proximale, le diaphragme métallique sous la membrane plastique flottant à la surface du liquide. La boîte de Petri est placée sur la platine mobile, ce qui permet un mouvement relatif de la membrane avec les cellules de culture, fixées à l'acide osmique, par rapport au diaphragme sous-jacent et immobile.

A ce moment, un examen soigneux de la culture, au faible puis au fort grossissement (Stiassnie n° 7), permet le choix de la cellule présentant les prolongements les mieux étalés et des lésions intéressantes. La cellule choisie, ou plutôt son prolongement protoplasmique, est amenée au centre de l'orifice du diaphragme sous-jacent, et une pipette Pasteur, recourbée en crochet, est placée dans l'eau de la boîte de Petri de façon à faire fonction de siphon. L'eau s'écoule lentement (2 à 3 minutes). La cellule choisie est maintenue au centre de l'orifice du diaphragme, en manœuvrant continuellement la platine mobile. La membrane plastique vient ainsi se poser doucement, sous contrôle microscopique, sur le diaphragme ou la grille métallique; le prolongement protoplasmique ou tout autre élément choisi se trouve à l'endroit voulu, c'est-à-dire au centre même de l'orifice du diaphragme ou de la grille destinée à être introduite ultérieurement dans le microscope électronique.

Lorsque le niveau du liquide s'est abaissé au-dessous du diaphragme, celui-ci est délicatement saisi avec des pinces fines et mis à sécher sur du papier filtre.

---

(3) *Cultures épithéliales pures sur membranes plastiques, sans repiquage et sans plasma* [*Ann. Inst. Past.* (sous presse)].

Après dessiccation complète, des lavages à l'eau distillée sont encore possibles et la préparation peut être soumise à l'étude électronique.

Résumé. — Une méthode est décrite, qui permet la disposition élective de certaines cellules d'une culture tissulaire au centre des supports métalliques (diaphragme ou grille) destinés à l'étude électronographique.

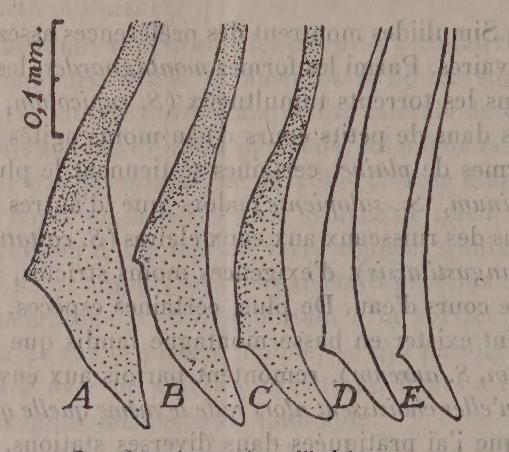
ENTOMOLOGIE BIOLOGIQUE. — *Facteurs écologiques conditionnant la répartition des larves de* Simulium (Dipt.). *Variations morphologiques spécifiques en rapport avec la vitesse du courant.* Note (1) de M. **Paul Grenier**, présentée par M. Émile Roubaud.

Les espèces de Simuliides montrent des préférences assez nettes dans le choix de leurs gîtes larvaires. Parmi les formes *montagnardes*, les unes se rencontrent constamment dans les torrents tumultueux (*S. rupicolum*, *S. hirtipes*, *S. monticola*), les autres dans de petits cours d'eau moins agités (*S. latipes*). Si l'on considère les formes de *plaine*, certaines se tiennent le plus souvent dans des rivières (*S. equinum*, *S. salopiense*) alors que d'autres n'ont été trouvées jusqu'ici que dans des ruisseaux aux eaux claires (*S. costatum*). D'autres enfin, (*S. ornatum*, *S. angustitarsis*), d'exigences moins strictes, se rencontrent dans ces deux types de cours d'eau. De plus, certaines espèces, présentes au-dessus de 1500^{m}, peuvent exister en basse montagne tandis que des formes dites de *plaine* (*S. ornatum*, *S. aureum*), remontent parfois aux environs de 1000^{m} : *le type de biotope qu'elles choisissent alors reste le même quelle que soit l'altitude.*

Les mesures que j'ai pratiquées dans diverses stations, afin de déterminer l'influence des principaux facteurs écologiques sur cette répartition, se résument ainsi : 1° Les différentes espèces affectionnent des gîtes dont les teneurs en O_2 dissous sont voisines de la saturation. Les valeurs les plus élevées (9 cm^3 °/$_{00}$ env.) s'observent en hiver. Elles diminuent au printemps et en été pour se tenir environ entre 6 et 8 cm^3 °/$_{00}$ (85 à 98 % de la saturation). Pendant cette dernière période, les différences essentielles, caractérisant à cet égard les divers types de biotopes, consistent en oscillations diurnes-nocturnes de sens contraire. *a*. Les torrents, dépourvus de végétation, s'oxygènent au cours de la nuit et se désoxygènent pendant les heures chaudes (min. 5,94 cm^3 °/$_{00}$; max. 6,7 cm^3 °/$_{00}$). *b*. Dans les cours d'eau de vitesse modérée et à végétation abondante, l'oxygénation se fait pendant les heures ensoleillées et l'on note des sursaturations (105-110 °/$_0$), dues à l'activité chlorophyllienne. *c*. Celles-ci, plus légères (100-103 %), s'observent aussi dans certains cours d'eau torrentiels où existe une flore aquatique (*Couze Pavin* à *Besse*, *P. de D.*), mais où la réoxygénation nocturne traduit la prédominance des facteurs physiques.

(1) Séance du 27 octobre 1947.

Malgré ces différences, les taux minima (un peu inférieurs à 6 cm³ °/₀₀) sont les mêmes dans les divers biotopes étudiés et, pendant l'été, les valeurs les plus élevées (7 à 8 cm³ °/₀₀) sont celles des cours d'eau modérés, à végétation abondante; ainsi les espèces peuplant ces derniers ne semblent pas moins oxyphiles que celles qui occupent les biotopes de montagnes (types *a* et *c*); 2° Le rôle *direct* de la température n'apparaît nettement que pour quelques formes qui peuvent être considérées comme de strictes sténothermes d'eau froide : *S. hirtipes*, des cours d'eau de haute montagne (max. + 10°, var. diurnes-noct. 3 à 4°) et *S. costatum*, peuplant des ruisselets froids de basse altitude (max. + 13°, min. + 5 à 6°, var. diurnes-noct. faibles). Si l'on



Base des soies « prémandibulaires ».
A, *S. hirtipes*; B, *S. rupicolum*; C, *S. monticola*; D, *S. costatum*; E, *S. angustitarsis*.

compare les espèces d'altitude moyenne à celles des plaines, les préférences thermiques sont moins frappantes : les écarts annuels de température dans les biotopes caractéristiques sont sensiblement les mêmes (max. 20° env., min. un peu supérieurs à 0°), alors que les oscillations journalières sont, en été, d'amplitudes très différentes (10° env. en montagne, moins de 4° en plaine). 3° La vitesse du courant est le facteur dont les variations sont les plus nettes entre les divers types de biotopes : ainsi, les espèces de torrents se maintiennent dans des courants atteignant souvent 0,90 mètre/sec., alors que celles de basse altitude se rencontrent lorsque la vitesse varie entre 0,60 et 0,40 mètre/sec. Ces dernières d'ailleurs, lorsqu'elles se trouvent à des altitudes plus élevées, délaissent les eaux tumultueuses pour s'établir dans des ruisselets peu rapides, très comparables à leurs gîtes de plaine.

Les organes de rétention ne semblent pas présenter de particularités en rapport avec ces différences écologiques. Par contre, les *prémandibules*, modifiées en éventails permettant le filtrage de l'eau et la capture des détritus alimentaires, révèlent des variations adaptatives remarquables. Ces dispositifs,

ouverts presque en permanence face au courant, ont à subir toute la poussée de celui-ci. L'étude (*sur des larves au dernier stade et de taille sensiblement égale*) d'une vingtaine d'espèces françaises a montré que, chez les formes d'eau très agitées (*S. rupicolum, S. hirtipes, S. monticola, S. variegatum*), les soies constituant les branches de l'éventail étaient plus épaisses, mieux chitinisées et plus puissamment attachées que chez les espèces d'eau calme (*S. ornatum, latipes, aureum, angustitarsis, equinum, salopiense*, etc.) : pour les termes extrêmes la largeur, prise juste au-dessus de la zone d'attache, varie de 25 μ (*S. hirtipes*), à 10 μ (*S. costatum*), (*fig.* A et D). Par conséquent, en l'absence actuelle de données physiologiques concernant la part relative que jouent certains facteurs du milieu (O_2 dissous, température), difficiles à étudier du fait même de leurs influences réciproques, la rhéophilie paraît intervenir de façon importante, sinon prédominante, dans la répartition spécifique des larves et semble en rapport avec la puissance du dispositif de capture de la nourriture, donc la possibilité de fonctionnement de celui-ci.

La séance est levée à $16^h 10^m$.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances d'octobre 1947.

Une aventure dans les mers australes. L'expédition du Commandant Baudin (1800-1803), par René Bouvier et Édouard Maynial. Paris, Mercure de France, 1947; 1 vol. 23^{cm} (présenté par M. A. Chevalier).

Cent ans d'image, par Roger Simonet. Paris, Calmann-Lévy, 1947; 1 vol. 23^{cm},5.

Wireless Direction Finding, par R. Keen. London, Birmingham, Coventry, Manchester, Glascow, Wireless World, 1947; 1 vol. 20^{cm}.

Wiadomości stuzby hydrologicznej i meteorologicznej (Bulletin du service hydrologique et météorologique) Tome I. Fascicule I. Warszawa, Ministerstwo Komunikacji Panstwowy Institut Hydrologiczno-Meteorologiczny, 1947; 1 fasc. 30^{cm}.

Excerpta medica. Section IX. *Surgery.* Vol. 1, n° 1, 1947. Amsterdam, N. V. *Excerpta medica*; 1 fasc. 25^{cm}.

A first Report on the Scientific and Technical Aspects of the Problem of Control (*Prepared for Committee 2 of the Working Committee*), published by U. N. Atomic Energy Commission. Washington, National Committee on Atomic Information, s. d.; 1 fasc. 27^{cm},5.

Endocrinology (*Experimental and Clinical*) *being Section* III *of Excerpta medica*, Vol. I, n° 1, Amsterdam, Medische Referaten Excerpta medica, 1947; 1 fasc. 25^{cm}.

Endogeneous Endocrinotherapy including the causal cure of cancer compendium, by Jules Samuels. Amsterdam, Holdert et C°, 1947; 1 vol. 25^{cm}.

Endogeneous Endocrinotherapy including the causal cure of cancer. Lecture and Demonstration held on sept. 6 th, 1947, by JULES SAMUELS. Amsterdam, 1947; 1 fasc. 24cm.

Edouard W. Bogaert ancien recteur (1881-1946). Université libre de Bruxelles; 1 fasc. 26cm,6.

Société commerciale des potasses d'Alsace. Carte schématique des P_H *du sol de la France* à l'échelle du 1000000e dressée à l'occasion de la conférence internationale de pédologie méditerranéenne de mai 1947, par PH. JEAN-JACQUES DE FERRIÈRE; une carte 107cm × 102cm,5 (présentée par M. A. Demolon).

Notice de la carte schématique des P^H *du sol de la France au* 1000000e, par PH. JEAN-JACQUES FRANC DE FERRIÈRE. Mulhouse, 1947; 1 fasc. 21cm (présenté par M. A. Demolon).

Separatdruck aus vol. 20, fasc. 3 (1947) *der Commentarii Mathematici Helvetici. Einteilung der sämtlichen Werke Leonhard Eulers,* von ANDREAS SPEISER. Basel; 1 fasc. 21cm.

L'équipement hydro-électrique de la France. Le projet de Langogne. Une conception à l'échelle européenne, par MM. VINCENT frères. Neuilly-sur-Seine, s. d.; 1 fasc. polycopié 30cm.

Le malattie creditarie. Istituzioni di credo-patologia generale, par PIETRO RONDONI. Milano, Casa editrice Ambrosiana, 1947; 1 vol. 24cm,5.

Proteins and Enzymes in Cancer (Researches carried out during the years (1940-1946), par P. RONDONI, in *Enzymologia Acta biocatalytica.* Vol. XII, fasc. 2. Amsterdam, Uitgeverij Dr. W. Junk, 1947; 1 fasc. 27cm.

Extrémité nord-orientale de la zone des avants-monts entre Devecey et Venise (Doubs). Feuille de *Besançon* au 50000e, par ANTOINE BONTE. Extrait du *Bulletin de la carte géologique de France,* n° 216. Tome XLV (1944). Paris, Librairie Ch.-Béranger et Laval, Barneoud Frères, 1946; 1 fasc. 24cm.

Observations sur les nodules à structure cone in-cone *de l'Arenig de la Montagne noire,* par ANTOINE BONTE. Planche VIII. Extrait du *Bulletin de la Société géologique de France,* 5e série, tome XV, 1945; 1 fasc. 25cm.

Sur les nodules à structure cone-in-cone *de l'Acadien de Langlade,* par ANTOINE BONTE. Extrait du *C.R.S. de la Société géologique de France,* 1946; 1 feuille 25cm.

Note préliminaire sur le mode de gisement de la fluorine des Ardennes, par ANTOINE BONTE, J. RICOUR et A. VAYSSE. Extrait du *C.R.S. de la Société géologique de France,* 1946; 1 feuille 25cm.

A propos de la limite du Bathonien et du Callovien, par ANTOINE BONTE. Extrait du *C.R.S. de la Société géologique de France,* 1945; 1 feuille 25cm.

Nouvelles observations sur la structure du gisement de lignite du Grand Denis (Doubs), par ANTOINE BONTE et PIERRE MARIE. Extrait du *C.R.S. de la Société géologique de France,* 1944; 1 feuille 25cm.

(*à suivre.*)